

DELPHION

Log Out

Work Files

Saved Searches

RESEARCH

PRODUCTS

INSIDE DELPHION

My Account

Search: Quick/Number Boolean Advanced Derwent Help

No active trail

Select OR

Stop Watching

Derwent Record

Email this to a friend

View: Expand Details Go to: Delphion Integrated View

Tools: Add to Work File: Create new Work File Add

Derwent Title: Exposure apparatus for manufacturing e.g. semiconductor device, LCD, has holding mechanism that holds point ball lens movably with respect to group of optical lens elements arranged between ball lens and reticle

Original Title: WO05006417A1: EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

Assignee: NIKON CORP Standard company
Other publications from NIKON CORP (NIKR)...
NIPPON KOGAKU KK Standard company
Other publications from NIPPON KOGAKU KK (NIKR)...

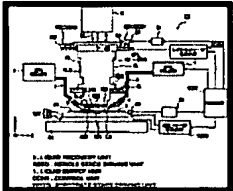
Inventor: KIUCHI T; MIYAKE T;

Accession/Update: 2005-122586 / 200706

IPC Code: G02B 7/02 ; G03B 27/42 ; G03F 7/20 ; H01L 21/02 ; H01L 21/027 ;

Derwent Classes: P81; P82; P84; U11; U14;

Manual Codes: U11-C04C(Exposure for microlithography) , U14-K01A1J(LCD manufacture) , U14-K01A1K(Equipment for manufacture of LCDs)



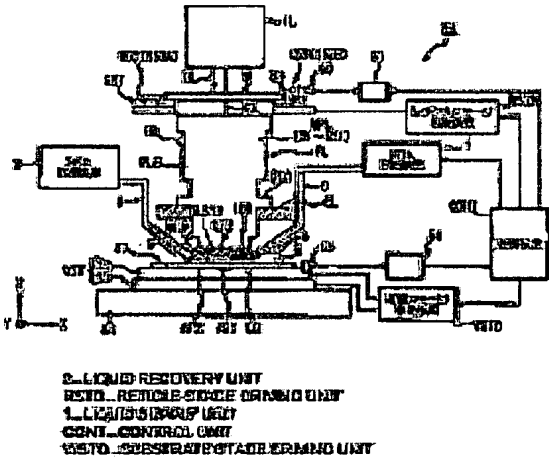
Derwent Abstract: (WO05006417A) Novelty - A projection optical system (PL) comprises point ball lens (G12) which is in contact with the liquid (LQ) e.g. water, and a group (MPL) of optical lens elements (G1-G11) arranged between the ball lens and a reticle (R). A holding mechanism (HG) holds the ball lens such that the ball lens is movable with respect to the group of optical lens elements.

Detailed Description - An INDEPENDENT CLAIM is also included for device manufacturing method.

Use - For exposing substrate such as semiconductor wafer used in manufacture of semiconductor device, glass substrate used in manufacture of LCD, also for manufacturing thin-film magnetic head, charge coupled device (CCD), reticle, mask.

Advantage - Prevents the vibration of the ball lens from reaching the group of optical lens elements and prevents permeation of liquid into the projection optical system. Suppresses degradation of pattern image during exposure and enables forming pattern with high precision.

Images:



Description of Drawing(s) - The figure shows the block diagram of the exposure apparatus. (Drawing includes non-English language text).
exposure apparatus EX, optical lens elements G1-G11, point ball lens G12, holding mechanism HG, liquid LQ, optical element group MPL, projection optical system PL, reticle R Dwg. 1/16

Family:	PDF Patent	Pub. Date	Derwent Update	Pages	Language	IPC Code
	WO05006417A1 *	2005-01-20	200513	80	Japanese	H01L 21/027
Des. States:	(N) AE AG AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BW BY BZ CA CH CN CO CR CU CZ DE DK DM DZ EC EE EG ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX MZ NA NI NO NZ OM PG PH PL PT RO RU SC SD SE SG SK SL SY TJ TM TN TR TT TZ UA UG US UZ VC VN YU ZA ZM ZW (R) AT BE BG BW CH CY CZ DE DK EA EE ES FI FR GB GH GM GR HU IE IT KE LS LU MC					

MW MZ NA NL OA PL PT RO SD SE SI SK SL SZ TR TZ UG ZM ZW

Local appls.: [WO2004JP0009995](#) Filed:2004-07-07 (2004WO-JP09995)☒ [CN1839463A](#) = 2006-09-27 200706 English H01L 21/02Local appls.: [CN200400Y023855](#) Filed:2004-07-07 (2004CN-Y023855)☒ [US20060209278A1](#) = 2006-09-21 200663 39 English G03B 27/42Local appls.: [US2006000325332](#) Filed:2006-01-05 (2006US-0325332)Cont of [WO2004JP0009995](#) Filed:2004-07-07 (2004WO-JP09995)[JP2005511571X](#) = 2006-08-24 200656 41 English H01L 21/02Local appls.: Based on [WO05006417](#) (WO2005006417)[WO2004JP0009995](#) Filed:2004-07-07 (2004WO-JP09995)[JP2005000511571](#) Filed:2004-07-07 (2005JP-0511571)☒ [EP1646074A1](#) = 2006-04-12 200626 46 English H01L 21/027

Des. States: (R) AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Local appls.: Based on [WO05006417](#) (WO2005006417)[EP2004000747461](#) Filed:2004-07-07 (2004EP-0747461)[WO2004JP0009995](#) Filed:2004-07-07 (2004WO-JP09995)☒ [KR6026947A](#) = 2006-03-24 200662 English G02B 7/02Local appls.: Based on [WO05006417](#) (WO2005006417)[KR2006000700085](#) Filed:2006-01-02 (2006KR-0700085)[WO2004JP0009995](#) Filed:2004-07-07 (2004WO-JP09995)INPADOC
Legal Status:[Show legal status actions](#)

Priority Number:

Application Number	Filed	Original Title
JP2004000044801	2004-02-20	
JP2003000272614	2003-07-09	

Title Terms: EXPOSE APPARATUS MANUFACTURE SEMICONDUCTOR DEVICE LCD HOLD MECHANISM
HOLD POINT BALL LENS MOVE RESPECT GROUP OPTICAL LENS ELEMENT ARRANGE BALL
LENS RETICLE[Pricing](#) [Current charges](#)Derwent Searches: [Boolean](#) | [Accession/Number](#) | [Advanced](#)

Data copyright Thomson Derwent 2003

THOMSON
★

Copyright © 1997-2007 The Thomson Corporation

[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) | [Help](#)

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005年1月20日 (20.01.2005)

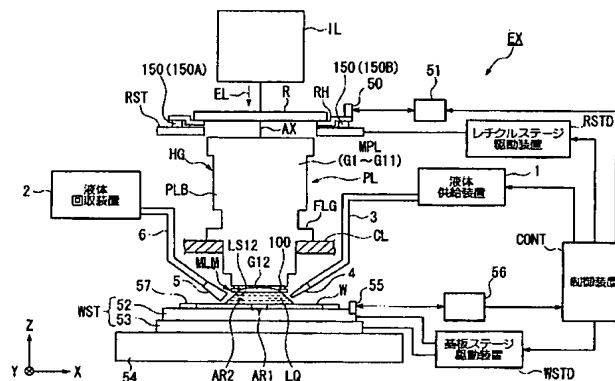
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/006417 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/027, G03F 7/20, G02B 7/02 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009995 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 木内 徹 (KI-UCHI, Tohru) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 三宅 寿弘 (MIYAKE, Toshihiro) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
(22) 国際出願日: 2004年7月7日 (07.07.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒104-8453 東京都中央区八重洲2丁目3番1号 Tokyo (JP).
(30) 優先権データ:
特願2003-272614 2003年7月9日 (09.07.2003) JP
特願2004-44801 2004年2月20日 (20.02.2004) JP (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, [続葉有]

(54) Title: EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(54) 発明の名称: 露光装置及びデバイス製造方法



2...LIQUID RECOVERY UNIT
RSTD...RETICLE STAGE DRIVING UNIT
1...LIQUID SUPPLY UNIT
CONT...CONTROL UNIT
WSTD...SUBSTRATE STAGE DRIVING UNIT

(57) Abstract: An exposure apparatus (EX) is disclosed wherein a pattern image is projected onto a substrate (W) via a projection optical system (PL) and a liquid (LQ). The projection optical system (PL) comprises an optical member (G12) which is in contact with the liquid (LQ) and a group of optical elements (MPL) arranged between the optical member (G12) and a reticle (R). A holding mechanism (HG) for the optical member (G12) and the group of optical elements (MPL) holds the optical member (G12) in such a manner that the optical member (G12) is movable relative to the group of optical elements (MPL). By having such a structure, the exposure apparatus enables to suppress deterioration of the pattern image when exposure is carried out while filling the space between the projection optical system and the substrate with the liquid.

(57) 要約: 露光装置EXは、投影光学系PLと液体LQとを介して基板W上にパターン像を投影するものであって、投影光学系PLは、液体LQに接する光学部材G12及び光学部材G12とレチクルRとの間に配置される光学群MPLを有している。光学部材G12と光学群MPLとを保持する保持機構HGは、光学部材G12を光学群MPLに対して可動に保持する。こ

[続葉有]



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

露光装置及びデバイス製造方法

- 5 本願は、日本国特許庁へ出願された特許出願である特願 2 0 0 3 - 2 7 2 6 1 4 号（2003 年 7 月 9 日出願）および特願 2 0 0 4 - 0 4 4 8 0 1 号（2004 年 2 月 20 日出願）を基礎とし、その内容を援用するものとする。

技術分野

- 10 本発明は投影光学系と基板との間を液体で満たした状態で基板を露光する露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

背景技術

- 半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と称する）上に形成されたパターンをウエハやガラスプレート等の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、レチクルを支持するレチクルステージと基板を支持する基板ステージとを有し、レチクルステージ及び基板ステージを逐次移動しながらレチクルのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が大きいくほど高くなる。
- そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、K r F エキシマレーザの 2 4 8 n m であるが、更に短波長の A r F エキシマレーザの 1 9 3 n m も実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度（D O F）も重要となる。解像度 R_e 、及び焦点深度 δ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R_e = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \cdots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \cdots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度 R_e を高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。

5 焦点深度 δ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば国際公開第99/49504号パンフレットに開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ (n は液体の屈折率で通常1.2～1.6程度)になることを利用して解像度を向上するととも
10 に、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

ところで、投影光学系の最も基板側の光学部材の端面と基板表面との間に液体を満たした状態においては、基板を保持する基板ステージの移動等によって生じる振動が液体を介してその終端の光学部材に伝わり、投影光学系と液体とを介し
15 て基板上に投影されるパターン像が劣化してしまう可能性がある。

さらに、上記従来技術においては、液体の液浸領域を形成するために液体供給口及び液体回収口を有するノズル部材を使って液体の供給及び回収を行っているが、ノズル部材と投影光学系との間の隙間に液体が浸入すると、投影光学系を構成する光学部材を保持する鏡筒に錆びが生じたり、あるいは光学部材が溶解する等の不都合が生じる可能性がある。
20

更には鏡筒内部に液体が浸入することも考えられ、その場合においても上記不都合が生じる可能性がある。

また、浸入した液体の影響により、投影光学系のうち例えば最も像面側の光学部材が僅かながら変形したり振動するなどして露光精度や計測精度が劣化する不都合が生じる可能性がある。
25

発明の開示

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、投影光学系と基板と

の間に液体を満たして露光処理する際のパターン像の劣化を抑えることができる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図 1 ～図 1 0 に対応付
5 けた以下の構成を採用している。

本発明の露光装置 (E X) は、液体 (L Q) に接する光学部材 (G 1 2) 及び
該光学部材 (G 1 2) とパターンとの間に配置される光学群 (G 1 ～G 1 1、M
P L) を含む投影光学系 (P L) を備え、投影光学系 (P L) と液体 (L Q) と
を介して基板 (W) 上にパターンの像を投影することによって基板 (W) を露光
10 する露光装置において、光学部材 (G 1 2) と光学群 (G 1 ～G 1 1、M P L)
とを保持する保持機構 (H G) を備え、保持機構 (H G) は、光学部材 (G 1 2)
を光学群 (G 1 ～G 1 1、M P L) に対して可動に保持することを特徴とする。

本発明によれば、投影光学系のうち液体に接する光学部材 (所謂、先玉レンズ)
を、その光学部材とパターンとの配置される光学群に対して可動に保持するよう
15 にしたので、光学部材に伝わった振動はその光学部材が動くことで吸収される。
したがって、光学部材の振動が光学群に伝わることを防止できる。

また本発明は投影光学系内への液体の浸入を防止して高い露光精度及び計測精
度を維持できる露光装置、及びその露光装置を用いるデバイス製造方法を提供す
20 ることを目的とする。

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図 1 0 ～図 1 6 に対応
付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光装置 (E X) は、投影光学系 (P L) の像面側に液体 (L Q) の
液浸領域 (A R 2) を形成し、投影光学系 (P L) と液体 (L Q) とを介してパ
25 ターンを基板 (W) に露光する露光装置において、投影光学系 (P L) を構成す
る複数の光学部材 (2 A ～2 F) のうち液体 (L Q) に接する光学部材 (3 0 2
F) の側面 (3 0 2 T) 又は該光学部材 (3 0 2 F) を保持する保持部材 (P K)
の側面を囲むように設けられ、液体供給口 (3 1 3) 及び液体回収口 (3 2 3)
のうち少なくともいずれか一方を有する環状部材 (3 7 0) と、光学部材 (3 0

2 F) 又は保持部材 (P K) の側面 (3 0 2 T) と環状部材 (3 7 0) との間への液体 (L Q) の浸入を阻止する第 1 シール部材 (3 3 0) とを備えたことを特徴とする。

本発明によれば、第 1 シール部材を設けたことにより、光学部材又は保持部材と環状部材との間への液体の浸入を防止することができる。したがって、保持部材に錆びが生じたり、光学部材が溶解する等の不都合を防止できる。また、光学部材又は保持部材と環状部材との間へ液体が浸入することがないので、浸入した液体による光学部材の変形や振動等の発生も防止できる。したがって、液体を介した露光処理及び計測処理を精度良く行うことができる。

10 本発明の露光装置 (E X) は、投影光学系 (P L) の像面側に液体 (L Q) の液浸領域 (A R 2) を形成し、投影光学系 (P L) と液体 (L Q) とを介してパターンを基板 (W) に露光する露光装置において、投影光学系 (P L) を構成する複数の光学部材 (2 A ~ 2 F) のうち液体 (L Q) に接する光学部材 (2 F) を保持する保持部材 (P K) と、光学部材 (2 F) と保持部材 (P K) との間の
15 気体の流通を阻止するシール部材 (3 4 0) とを備えたことを特徴とする。

本発明によれば、シール部材を設けたことにより、投影光学系を構成する複数の光学部材を保持する保持部材の内部空間と外部との間の気体の流通を防止することができる。したがって、保持部材の内部空間が所定のガスで満たされている構成であっても、その内部空間に対する外部の気体や液体の浸入を防止でき、内部空間を所望の環境に維持できる。

20 本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光装置 (E X) を用いることを特徴とする。本発明によれば、高い露光精度及び計測精度を維持できるので、所望の性能を発揮できるデバイスを提供できる。

25

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図 2 は、投影光学系の先端部近傍の拡大図である。

図 3 は、投影光学系の投影領域と液体供給装置及び液体回収装置との位置関係を示す図である。

図 4 は、本発明に係る投影光学系の一実施形態を示す構成図である。

図 5 は、第 1 保持部材及び接続機構近傍の拡大断面図である。

図 6 は、接続機構を構成するフレクシャの斜視図である。

図 7 は、接続機構を構成するフレクシャの正面図である。

5 図 8 は、像調整機構の制御ブロック図である。

図 9 は、本発明に係る投影光学系の他の実施形態を示す構成図である。

図 10 は、本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図 11 は、液体供給口及び液体回収口と投影光学系の投影領域との位置関係を示す平面図である。

10 図 12 は、光学素子及び流路形成部材近傍の拡大断面図である。

図 13 は、第 1 シール部材近傍を示す拡大断面図である。

図 14 は、第 2 シール部材近傍を示す拡大断面図である。

図 15 は、第 1 シール部材の別の実施形態を示す断面図である。

図 16 は、半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

15

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の露光装置及びデバイス製造方法について図面を参照しながら説明する。

第 1 実施例

20 図 1 は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図 1 において、露光装置 EX は、レチクル R を支持するレチクルステージ RST と、基板 W を支持する基板ステージ WST と、レチクルステージ RST に支持されているレチクル R を露光光 EL で照明する照明光学系 IL と、露光光 EL で照明されたレチクル R のパターンの像を基板ステージ WST に支持されている基板 W に投影露光する投影光学系 PL と、露光装置 EX 全体の動作を統括制御する制御装置 CONT とを備えている。

25

ここで、本実施形態では、露光装置 EX としてレチクル R と基板 W とを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつレチクル R に形成されたパターンを基板 W に露光する走査型露光装置（所謂スキニングステッパ）を

5 使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系P Lの光軸A Xと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でレチクルRと基板Wとの同期移動方向（走査方向）をX軸方向、Z軸方向及びX軸方向に垂直な方向（非走査方向）をY軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハやガラスウエハ上にレジストを塗布したものを含む。

本実施形態の露光装置E Xは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板W上に液体L Qを供給する液体供給装置1と、基板W上の液体L Qを
10 回収する液体回収装置2とを備えている。露光装置E Xは、少なくともレチクルRのパターン像を基板W上に転写している間、液体供給装置1から供給した液体L Qにより投影光学系P Lの投影領域A R 1を含む基板W上の一部に液浸領域A R 2を形成する。具体的には、露光装置E Xは、投影光学系P Lの終端部の光学部材（光学素子）G 1 2と基板Wの表面との間を液体L Qで満たす局所液浸構成
15 （Local Liquid Filling）を採用し、この投影光学系P Lと基板Wとの間の液体L Q及び投影光学系P Lを介してレチクルRのパターン像を基板W上に投影することによって基板Wを露光する。

照明光学系I Lは、レチクルステージR S Tに支持されているレチクルRを露光光E Lで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の
20 照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光E Lを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光E LによるレチクルR上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。レチクルR上の所定の照明領域は照明光学系I Lにより均一な照度分布の露光光E Lで照明される。照明光学系I Lから射出される露光光E Lとしては、例えば
25 水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びK r Fエキシマレーザ光（波長248 nm）等の遠紫外光（D U V光）や、A r Fエキシマレーザ光（波長193 nm）及びF₂レーザ光（波長157 nm）等の真空紫外光（V U V光）などが用いられる。本実施形態では、A r Fエキシマレーザ光を用いる。

ここで、本実施形態において、液体LQには純水が用いられる。純水はArFエキシマレーザ光のみならず、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)も透過可能である。

- 5 レチクルステージRSTは、原画となる回路パターンが形成されたレチクルRをレチクルホルダRHを介して支持するものであって、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び θ Z方向に微小回転可能である。レチクルステージRSTはリニアモータ等のレチクルステージ駆動装置RSTDにより駆動される。
- 10 レチクルステージ駆動装置RSTDは制御装置CONTにより制御される。レチクルホルダRH上(あるいはレチクルステージRST上)には移動鏡50が設けられている。また、移動鏡50に対向する位置にはレーザ干渉計51が設けられている。レチクルステージRST上のレチクルRの2次元方向の位置、及び θ Z方向の回転角(場合によっては θ X、 θ Y方向の微小回転角も)はレーザ干渉計
- 15 51によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計51の計測結果に基づいてレチクルステージ駆動装置RSTDを駆動することでレチクルステージRSTに支持されているレチクルRの位置決めを行う。また、レチクルRを保持するレチクルホルダRHとレチクルステージRSTとの間には複数のアクチュエータ150(150A~150C)が設けられている。アクチュエータ150の駆動により、レチクルRを保持したレチクルホルダRHは、Z軸方向、及び θ X、 θ Y方向を含む傾斜方向に移動可能となっている。
- 20

25 投影光学系PLは、レチクルRのパターンを所定の投影倍率 β で基板Wに投影露光するものである。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率 β が例えば1/4あるいは1/5の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。

投影光学系PLは、その終端側(基板W側)に配置され、液体LQと接する光学部材G12と、光学部材G12とパターンを有するレチクルRとの間に配置された複数の光学素子G1~G11を含む光学群MPLとを備えている。なお、本実

施形態において、光学部材G 1 2は1つの平凸レンズ素子である。そして、投影光学系P Lを構成する複数の光学素子G 1～G 1 2は保持機構H Gで保持されている。保持機構H Gは、光学群M P Lを保持する鏡筒（第2保持部材）P L Bと、レンズ素子G 1 2を保持するレンズ保持部M L Mとを備えている。レンズ保持部

5 M L Mは、レンズ素子G 1 2を保持するレンズセル（第1保持部材）L S 1 2と、レンズセルL S 1 2を鏡筒P L Bに対して軟らかく接続する接続機構1 0 0とを備えている。接続機構1 0 0は、後述する弾性部材としてのフレクシャ（1 0 0 A～1 0 0 C）を備えている。レンズセルL S 1 2に保持されたレンズ素子G 1 2は接続機構1 0 0により鏡筒P L Bに保持された光学群M P Lに対して可動と

10 になっている。

鏡筒P L Bの外周部にはフランジ部F L Gが設けられており、投影光学系P Lはフランジ部F L Gを介してコラム（露光装置の本体ボディ）C Lに支持される。

光学素子G 1～G 1 2は螢石あるいは石英で形成されており、一部の光学素子の曲面には非球面研磨が施されている。特に、レンズ素子G 1 2を螢石で形成すると、この螢石はそのままでは長期間に水によって浸食されてしまうので、適当な薄膜でコートしつつ親和性を高めておく。これにより、レンズ素子G 1 2の液体接触面のほぼ全面に液体L Qを密着させることができ、レンズ素子G 1 2と基板Wとの間の光路を液体L Qで確実に満たすことができる。なお、レンズ素子G 1 2は水との親和性が高い石英であってもよい。また、レンズ素子G 1 2の液体

15 接触面にコートする等の親水（親液）処理を施して、液体L Qとの親和性をより高める場合、液浸領域A R 2から水を除去した乾燥状態においては、レンズ素子G 1 2の液体接触面から水分が素早く逃げるような特殊な膜構造（例えば電界を印加すると分子配列が変化したり、わずかな電流を流すと温度上昇する膜等）にしてもよい。

基板ステージW S Tは、基板Wを支持するものであって、基板Wを基板ホルダを介して保持するZステージ5 2と、Zステージ5 2を支持するX Yステージ5 3とを備えている。Zステージ5 2及びX Yステージ5 3を含む基板ステージW S Tはステージベース5 4に支持されている。基板ステージW S Tはリニアモータ等の基板ステージ駆動装置W S T Dにより駆動される。基板ステージ駆動装置

25

WSTDは制御装置CONTにより制御される。Zステージ52を駆動することにより、Zステージ52に保持されている基板WのZ軸方向における位置（フォーカス位置）、及び θX 、 θY 方向における位置が制御される。また、XYステージ53を駆動することにより、基板WのXY方向における位置（投影光学系PLの像面と実質的に平行な方向の位置）が制御される。すなわち、Zステージ52は、基板Wのフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板Wの表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PLの像面に合わせ込み、XYステージ53は基板WのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。なお、ZステージとXYステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

- 10 基板ステージWST（Zステージ52）上には移動鏡55が設けられている。また、移動鏡55に対向する位置にはレーザ干渉計56が設けられている。基板ステージWST上の基板Wの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計56によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計56の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置WSTDを駆動することで基板ステージWSTに支持されている基板Wの位置決めを行う。

- また、基板ステージWST（Zステージ52）上には、基板Wを囲むように補助プレート57が設けられている。補助プレート57は基板ホルダに保持された基板Wの表面とほぼ同じ高さの平面を有している。ここで、基板Wのエッジと補助プレート57との間には0.1～1.0mm程度の隙間があるが、液体LQの表面張力によりその隙間に液体LQが流れ込むことはほとんどなく、基板Wの周縁近傍を露光する場合にも、補助プレート57により投影光学系PLのレンズ素子G12の下に液体LQを保持することができる。

- 25 露光装置EXは、基板W上に液体LQを供給する液体供給装置1と、基板W上の液体LQを回収する液体回収装置2とを備えている。液体供給装置1は、基板W上に液体LQを供給し、投影光学系PLの終端部のレンズ素子G12と基板Wとの間を液体LQで満たして液浸領域AR2を形成するためのものであって、液体LQを収容するタンク、加圧ポンプ、及び供給する液体LQの温度を調整する温度調整装置等を備えている。液体供給装置1には供給管3の一端部が接続され、

供給管 3 の他端部には供給ノズル 4 が接続されている。液体供給装置 1 は、供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して基板 W 上に液体 L Q を供給する。

液体回収装置 2 は、吸引ポンプ、回収した液体 L Q を収容するタンク等を備えている。

- 5 液体回収装置 2 には回収管 6 の一端部が接続され、回収管 6 の他端部には回収ノズル 5 が接続されている。液体回収装置 2 は回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して基板 W 上の液体 L Q を回収する。液浸領域 A R 2 を形成する際、制御装置 C O N T は液体供給装置 1 を駆動し、供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して単位時間当たり所定量の液体 L Q を供給するとともに、液体回収装置 2 を駆動し、回収ノズル
- 10 5 及び回収管 6 を介して単位時間当たり所定量の液体 L Q を回収する。これにより、投影光学系 P L の終端部のレンズ素子 G 1 2 と基板 W との間に液体 L Q の液浸領域 A R 2 が形成される。

- 図 2 は、露光装置 E X の投影光学系 P L の下部、液体供給装置 1、及び液体回収装置 2 などを示す正面図であり、図 3 は、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 と
- 15 供給ノズル 4 及び回収ノズル 5 との位置関係を示す図である。投影光学系 P L の投影領域 A R 1 は Y 軸方向に細長い矩形状（スリット状）となっており、その投影領域 A R 1 を X 軸方向に挟むように、+ X 側に 3 つの供給ノズル 4 A ~ 4 C が配置され、- X 側に 2 つの回収ノズル 5 A、5 B が配置されている。そして、供給ノズル 4 A ~ 4 C は供給管 3 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル
- 20 5 A、5 B は回収管 4 を介して液体回収装置 2 に接続されている。また、供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 5 A、5 B とを投影光学系 P L の光軸周りにほぼ 180° 回転した位置に、供給ノズル 8 A ~ 8 C と、回収ノズル 9 A、9 B とが配置されている。供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 9 A、9 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C と回収ノズル 5 A、5 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C は供給管 10 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル 9 A、9 B は回収管 11 を介して液体回収装置 2 に接続されている。
- 25

走査露光時には、投影領域 A R 1 にレチクル R の一部のパターン像が投影され、投影光学系 P L に対して、レチクル R が - X 方向（又は + X 方向）に速度 V で移

動するのに同期して、XYステージ53を介して基板Wが+X方向（又は-X方向）に速度 $\beta \cdot V$ （ β は投影倍率）で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板Wのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する

5 露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板Wの移動方向と平行に、基板Wの移動方向と同一方向に液体LQを流すように設定されている。つまり、矢印Xa（図3参照）で示す走査方向（-X方向）に基板Wを移動させて走査露光を行う場合には、供給管3、供給ノズル4A～4C、回収管6、及び回収ノズル5A、5Bを用いて、液体供給装置1及び液体回収装置2により液体LQの供給及び回

10 収が行われる。すなわち、基板Wが-X方向に移動する際には、供給管3及び供給ノズル4（4A～4C）を介して液体供給装置1から液体LQが投影光学系PLと基板Wとの間に供給されるとともに、回収ノズル5（5A、5B）、及び回収管6を介して液体LQが液体回収装置2に回収され、レンズ素子G12と基板Wとの間を満たすように-X方向に液体LQが流れる。一方、矢印Xbで示す走査

15 方向（+X方向）に基板Wを移動させて走査露光を行う場合には、供給管10、供給ノズル8A～8C、回収管11、及び回収ノズル9A、9Bを用いて、液体供給装置1及び液体回収装置2により液体LQの供給及び回収が行われる。すなわち、基板Wが+X方向に移動する際には、供給管10及び供給ノズル8（8A～8C）を介して液体供給装置1から液体LQが投影光学系PLと基板Wとの間

20 に供給されるとともに、回収ノズル9（9A、9B）、及び回収管11を介して液体LQが液体回収装置2に回収され、レンズ素子G12と基板Wとの間を満たすように+X方向に液体LQが流れる。この場合、例えば液体供給装置1から供給ノズル4を介して供給される液体LQは基板Wの-X方向への移動に伴ってレンズ素子G12と基板Wとの間に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装

25 置1の供給エネルギーが小さくても液体LQをレンズ素子LS12と基板Wとの間に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体LQを流す方向を切り替えることにより、+X方向、又は-X方向のどちらの方向に基板Wを走査する場合にも、レンズ素子G12と基板Wとの間を液体LQで満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

図4は、投影光学系PLを示す概略構成図である。レチクルRは、複数のレンズ素子（光学素子）G1～G12で構成される両側テレセントリックな投影光学系PLの物体面側に配置される。レンズ素子G1～G12は、光軸AXに沿って鏡筒PLB内の所定位置に配置されるが、本実施形態において、レンズ素子G3、

5 G4、G6は、それぞれ piezo伸縮素子やボイスコイルモータ（VCM）等のアクチュエータAC1、AC2、AC3により、鏡筒PLBに対して2自由度（X並進、Y並進）の方向、3自由度（Z並進、 θ X傾斜、 θ Y傾斜）の方向、または5自由度（X並進、Y並進、Z並進、 θ X傾斜、 θ Y傾斜）の方向に微動可能なリング状のレンズセルに支持される。

10 これら3つの微動可能なレンズ素子G3、G4、G6は、投影光学系PLの各種の収差を補正するためのもので、レチクルRの回路パターンが投影光学系PLの像面側に配置される基板W上に結像投影された際の像質（倍率誤差、歪曲収差、コマ収差、アス、像面湾曲等）や像面位置を微少に調整することが可能である。なお、投影光学系PL中のレンズ素子を動かして像調整を行う機構は、例えば特

15 開平11-195602号公報に開示されている。図4において、レチクルR上の任意の点P1からの光線のうち、投影光学系PLの瞳面PPの中心で光軸AXと交差して基板W上の対応する点P2に達する主光線LOは、レチクルRとレンズ素子G1の間、及びレンズ素子G11と基板Wとの間では光軸AXと平行になっており、点P1の光軸AXからの距離と点P2の光軸AXからの距離との比が、

20 この投影光学系PL全体の投影倍率 β となっている。

投影光学系PLの像側先端に位置するレンズ素子（以下、適宜「先玉レンズ素子」と称する）G12は、他のレンズ素子G1～G11が支持される鏡筒PLBに対して振動的に分離されたレンズ保持部MLMによって支持されている。レンズ保持部MLMは、上述したように、先玉レンズ素子G12を保持するレンズセルLS12と、レンズセルLS12を鏡筒PLBに対して軟らかく接続する接続機構100とを備えており、接続機構100により、鏡筒PLBとレンズセルLS12とが振動的に分離され、レンズセルLS12の振動が鏡筒PLBに伝達されないように吸収される。

25

本実施形態の液浸露光の場合、液体供給ノズル4から液体LQをレンズ素子G

1 2の下面と基板Wとの間隙1～2mmを満たすように供給するとともに、液体回収ノズル5より液体LQを回収しているため、液浸領域AR2の液体LQはある程度の陽圧になり、液体LQの剛性が上がってしまうおそれがある。また、本実施形態において、露光装置EXは走査型露光装置であり、その場合基板WはX軸方向に最高速500mm/秒程度という速度で移動し、その走査露光中も基板Wの表面（露光面）が投影光学系PLの焦点深度内に維持されるように基板Wのオートフォーカス動作及びオートレベリング動作（AF/AL動作）が行われる。基板WのAF/AL動作は、通常基板Wを保持する基板ステージWST（基板ホルダ）を微少に光軸方向（Z軸方向）に移動させたり、傾斜させたりすることで行われるので、投影光学系PLの先玉レンズ素子G12が鏡筒PLB全体に対して強固に固定されていると、レンズ素子G12の下面と基板W表面との間隙距離（ギャップ）を一定に保とうとするAF/AL動作のために、基板W側で生じる振動成分が液浸領域AR2の液体LQを介して鏡筒PLB全体に伝わってしまうことになる。また、基板Wを支持してX軸及びY軸方向に移動する基板ステージWSTが例えばエアベアリングを使った非接触ガイド方式の場合、摺動性の振動は無いもののステージの加減速時に起こりやすいエアベアリングギャップの僅かな変動によって振動が発生し、液体LQを介して鏡筒PLBに伝わってしまう場合もある。投影光学系PL全体は、鏡筒PLBの中間付近に設けられたフランジ部FLGを介してコラムCLに自重をかけて支持されるので、鏡筒PLBに伝わった振動は鏡筒PLB内の各レンズ素子、及びコラムCLにも伝わることになり、その振動による影響で投影像の質が劣化する。また、その振動によって像ぶれが生じて、基板W上の所望位置にパターンが形成されない可能性もある。

従来、投影光学系PLのワーキングディスタンスが空間的に分離されていたので、そのような基板W側で生ずる振動成分が投影光学系PL側に直接伝わることは皆無であったが、液浸露光の場合、液浸領域AR2の厚さを（光軸方向の厚さ）1～2mm、可能であれば1mm以下に設定するのが望ましく、この程度の厚さの液浸領域AR2では、投影光学系PLの先玉レンズ素子G12と基板Wとが一定の弾性係数やバネ定数を持つ剛体で機械的に直結されたものとみなされるので、基板W側で生じる振動成分は投影光学系PL側（光学群MPL側）に直接伝わる

ことになる。そこで本実施形態においては、図4に示すように、少なくとも液浸領域AR2の液体LQと接する先玉レンズ素子G12を鏡筒PLBとは別のレンズセルLS12によって支持し、接続機構100により鏡筒PLBとレンズセルLS12とを接続するとともに、レンズ素子G12（レンズセルLS12）がミクロンオーダーの自由度、理想的にはZ並進微動、 θ X傾斜微動、 θ Y傾斜微動の3自由度を持つようにする。すなわち、少なくとも先玉レンズ素子G12を保持するレンズセルLS12を光学群MPLの鏡筒PLBに対して接続機構100を介して少なくともZ軸方向には軟く接続し、鏡筒PLBに対してZ軸方向、 θ X方向、 θ Y方向に移動可能に接続することで、基板W側で生じる振動がその軟性によって吸収され、これにより鏡筒PLBに作用する振動が遮断又は低減される。

図5は、投影光学系PLの先玉レンズ素子G12及びレンズ保持部MLM近傍の拡大断面図である。鏡筒PLBの最下端部である外鏡筒LB3内には、レンズ素子G8、G9、G10、G11の各端面に形成されたフランジF8、F9、F10、F11をキネマチック支持するリング状のレンズセルLS8、LS9、LS10、LS11が固定されている。そして、レンズセルLS11の最下面部は外鏡筒LB3よりも下方に突出して設けられ、その鏡筒PLB（外鏡筒LB3）に固定されたレンズセルLS11の最下面部にはレンズ素子G12を支持するレンズ保持部MLMが取り付けられている。レンズ保持部MLMは、レンズ素子G12の端面部に形成されるフランジF12をキネマチック支持するレンズセルLS12と、外鏡筒LB3側のレンズセルLS11に対してレンズセルLS12を軟く接続するための接続機構を構成する3個のフレクシャ100A、100B、100Cとを備えている。なお図5では分かり易くするために2つのフレクシャ100A、100Bのみが図示されているが、実際は光軸AXを中心とした円周上の3ヶ所に120度間隔で配置される。各フレクシャ100A、100B、100Cは光軸AX方向（Z軸方向）に弾性伸縮するような特性を持つとともに、レンズセルLS11に対してレンズセルLS12が、横方向（光軸AXを中心とする円の放射方向）にも数 μ m程度は弾性変位できるような特性を持つ弾性部材である。

投影光学系PLの先玉レンズ素子G12としては、その上面G12aの曲率半径は比較的小さい凸面（球面又は非球面）であり、その下面G12bは平坦面（曲率半径がほぼ無限大）であるものが好ましい。また、本実施形態ではレンズセルLS12の最下面部110は、レンズ素子G12の下面G12bとほぼ一致する高さのリング状の平坦面となっており、これにより、液浸領域AR2の液体LQの5 流れがスムーズになる。

また、レンズ素子G12の下面G12bの周縁部とレンズセルLS12の最下面部110の周縁部との間には1mm程度の僅かな隙間RVが形成されるように設計されているが、その隙間RVから液浸領域AR2の液体LQが上昇して、その上のレンズ素子G11等に液体LQの飛沫や蒸気が付着しないように、レンズセルLS12内には隙間RVと連通した環状の気体供給管112とリング状の弾性シール部材115とが設けられている。気体供給管112はチューブ等を介して加圧ポンプに接続され、隙間RVから液体LQや飛沫が入り込んでくるのを防ぐために、陽圧の窒素ガス等を隙間RVに供給するものである。液浸領域AR2 15 の液体LQの本来の流れは、液体供給ノズル4と液体回収ノズル5とによって作り出されるので、気体供給管112による陽圧気体の供給は、その流れを著しく阻害しない程度の圧力に設定され、それでも隙間RVから浸入してくる液体、飛沫、及び蒸気は、その上の弾性シール部材115によって遮蔽される。この弾性シール部材115はレンズ素子G12の側面全周に圧接し、その上のレンズ素子 20 G11との間の空間を隔てる気密機能も兼ねており、これによりレンズ素子G11～G11までの位置する鏡筒空間内と先玉レンズ素子G12の上面G12aまでの空間を窒素ガスで満たすことができる。弾性シール部材115は、後述する第2実施例の第1シール部材330と同様に構成してもよい。

なお、図5において、レンズセルLS12の外周部に固定された上向きの円筒状フィン102AとレンズセルLS11の外周部に固定された下向きの円筒状フィン102Bとは、液体LQの飛沫がフレクシャ100A、100B、100Cのある開放空間部内に外部から入り込むのを防止するためのもので、フィン同士はレンズ保持部MLMが傾斜しても所定のクリアランスを保つように配置される。 25

ところで、図5のように3つのフレクシャ100A、100B、100Cでレ

レンズセルLS12を支持しつつ、基板W側から液浸領域AR2を介して伝わってくる振動を吸収もしくは低減しようとする場合、レンズ保持部MLMの微動時の応答周波数は相当に高い必要性があり、そのためには3つのフレクシャ100A、100B、100CだけでレンズセルLS12全体の重量を支える構造にすると、
5 必要な応答周波数を得られないので、レンズセルLS12の荷重のフレクシャ100A、100B、100Cへの作用を低減するための自重キャンセル機構（荷重低減機構）を持たせることが望ましい。

図6は、自重キャンセル機構付のフレクシャ100Aの構造を示す図である。
なお、フレクシャ100B、100Cもフレクシャ100Aと同等の構成を有する。
10 図6において、座標系MSZのZ軸は光軸AXと平行であり、S軸は光軸AXと垂直な放射方向の軸であり、M軸はS軸とZ軸との両方に対して垂直な接線方向の軸である。また図7は、図6のフレクシャ100AをM軸方向から見たものである。フレクシャ100Aは、SUSやジュラルミン等の金属材料をH形状のブロックとして成形し、上板部120Aと底板部120Bとをつなぐ中間部分
15 に、M軸方向に貫通した複数の切り込み部124A、124B、124Cと、円形の貫通穴124E、124F、124Gとを形成したフレクシャ部を有している。そして上板部120Aは4個のビス穴121を介して図5中のレンズセルLS11の底面部に固定され、底板部120Bは4個のビス穴122を介してレンズセルLS12の上面部に固定される。
20 この構造は、機械的には上板部120Aと底板部120Bとが結合しているものの、Z軸方向やS軸方向の剛性を極めて小さくできるとともに、M軸方向の剛性は極めて高くすることができる。その結果、上板部120Aと底板部120Bとは相対的にZ軸方向に弾性伸縮可能になるとともに、S軸方向についても相対的に微小変位可能になる。このようなフレクシャ構造を120度間隔で3個設けることにより、レンズセルLS12は全体的にXY方向の剛性が高い状態でレン
25 ズセルLS11（鏡筒PLB）に懸架され、レンズセルLS12の運動自由度が、Z軸方向の平行移動に制限され、レンズセルLS12は鏡筒PLBに対してキネマティック支持された構成となる。

そして、自重キャンセル機構は、上板部120Aの下面に固定された永久磁石

1 2 6 Aと、底板部 1 2 0 Bの上面に高さ調整機構部 1 2 7を介して固定された永久磁石 1 2 6 Bとによって構成され、一对の永久磁石 1 2 6 A、1 2 6 Bが所定のギャップで対向している。そして、永久磁石 1 2 6 A、1 2 6 Bどうしの磁気吸引力により、底板部 1 2 0 Bに固定されたレンズセル L S 1 2のほとんど大部分の荷重が引き上げられる。こうして、その上板部 1 2 0 Aをレンズセル L S 1 1（鏡筒 P L B）に接続し、底板部 1 2 0 Bをレンズセル L S 1 2に接続し、自重キャンセル機構を構成する永久磁石 1 2 6 A、1 2 6 Bを有するフレクシャ 1 0 0 A～1 0 0 Cは、レンズセル L S 1 2の荷重をレンズセル L S 1 1に支持させている。

- 10 なお図 6 では、一对の永久磁石 1 2 6 A、1 2 6 Bがフレクシャ部の片側にしか示されていないが、当然、反対側にも同様の永久磁石 1 2 6 A、1 2 6 Bと調整機構部 1 2 7とが設けられている。調整機構部 1 2 7は一对の永久磁石 1 2 6 A、1 2 6 Bのギャップ間隔を調整してフレクシャ 1 0 0 A（1 0 0 B、1 0 0 Cも同様）の中間部分のフレクシャ部にレンズセル L S 1 2の荷重が極力作用しないようにするためのものであり、例えばテーパカム等を使った簡単な Z 並進機構で構成される。この調整機構部 1 2 7は、永久磁石 1 2 6の経時変化による減磁に対応するため、露光装置の定期メンテナンス時に一对の永久磁石 1 2 6 A、1 2 6 Bのギャップ間隔を小さくする場合にも利用される。

- 20 このような自重キャンセル機構により、各フレクシャ 1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 Cは機械的に変形していない中立に近い状態に保たれるとともに、各フレクシャ単体の剛性を低くできるので、レンズ保持部 M L Mは極めて低い剛性で鏡筒 P L Bの最下端に懸架されることになり、先玉レンズ素子 G 1 2は基板 W側からの振動の伝達を吸収、又は低減すべく、液浸領域 A R 2の挙動に倣って微動することができる。

- 25 なお、図 6 では一对の永久磁石の磁気吸引力によって自重キャンセルを行うようにしたが、非接触で力を発生するものであれば良く、永久磁石と鉄片の対や電磁石と鉄片（又は磁石）の対を使うことができる。またフレクシャとしては、ここでは H 型のブロック材を図 6 のように加工して作ったが、同様の自由度と剛性が得られるように複数枚の薄い板バネを組み合わせたものでも良い。

ところで、フレクシャ100A~100Cにより、投影光学系PLの先玉レンズ素子G12が自由に動けるようになったので、それに伴う投影像の質（倍率、歪曲収差、コマ収差、アス等）が変化してしまうことがあるので、図4中のレンズ素子G3、G4、G6のそれぞれを駆動するアクチュエータAC1、AC2、AC3をリアルタイムに制御して、像質劣化を補償することが必要となる。

図8は、図1~図7に示した装置に適用される制御系の概略的なブロック図である。図8において、レチクルRは真空吸着やメカクランプ機構によってレチクルホルダRH上に光軸AXとほぼ垂直になるように保持され、レチクルホルダRHは走査露光時に所定の走査方向に高速移動するレチクルステージRST上に、3個のZアクチュエータ150A、150B、150C（但し150Cは不図示）を介して設けられている。Zアクチュエータ150A、150B、150Cはピエゾ素子やボイスコイルモータ（VCM）で構成され、レチクルファイン制御ユニット（像調整機構）204からの駆動信号Va、Vb、Vcに応答して、レチクルホルダRHを全体的にZ軸方向に微小に並進移動させるとともに、 θX 方向と θY 方向とに微小傾斜させる。このレチクルホルダRHの微動は走査露光中に各種の位置誤差補正やディストーション補正のためにリアルタイム制御されるので、レチクルホルダRHは軽量化と高剛性化を図るために一部にカーボングラファイト材の構造体を含むファインセラミックス材で作られている。

また、図4中に示した3つのレンズ素子G3、G4、G6を駆動するアクチュエータAC1、AC2、AC3は、レンズ制御ユニット（像調整機構）202からの駆動信号K1、K2、K3のそれぞれに応答して相互に独立に制御可能であるが、各アクチュエータAC1、AC2、AC3内には駆動量を計測するホログラフィックエンコーダや静電容量型センサ等が設けられており、それらの計測器からの信号はレンズ制御ユニット202にフィードバック信号として入力する。

さて、レンズ保持部MLM内の各フレクシャ100A、100B、100C（但し100Cは不図示）の近傍には、その部位におけるレンズセルLS12の上面の高さ変化を計測するためのギャップセンサ（第1検出器）130A、130B、130C（但し130Cは不図示）が設けられている。ギャップセンサ130A、130B、130Cは鏡筒PLBのレンズセルLS11に取り付けられており、

レンズセルLS11に対するレンズセルLS12の距離変化を計測可能である。各センサ130A、130B、130Cからの計測信号S0a、S0b、S0c（但しS0cは不図示）はセンサユニット200に読み取られ、投影光学系PLの鏡筒PLB側に固定されたレンズセルLS11を基準としたレンズセルLS12の姿勢変化（Z位置変化、 θ X方向と θ Y方向の傾斜変化）、つまり鏡筒PLBとレンズセルLS12との位置関係がリアルタイムに検出される。ここで、鏡筒PLBは光学群MPLを保持し、レンズセルLS12はレンズ素子G12を保持しているため、センサユニット200は、ギャップセンサ130A～130Cの検出結果に基づいて、光学群MPLとレンズ素子G12（レンズ素子G12の下面G12b）との位置関係を検出可能である。つまり、鏡筒PLBとレンズセルLS12との位置関係を検出することは、光学群MPLとレンズ素子G12との位置関係を検出することと実質的に同等であり、センサユニット200は、ギャップセンサ130A、130B、130Cを使って鏡筒PLBとレンズセルLS12との位置関係を検出することで、光学群MPLとレンズ素子G12との位置関係を求めることができる。なお、鏡筒PLBとレンズセルLS12との位置関係の検出を光学的に行ってもよい。

更に、レンズセルLS12の下面のレンズ素子G12近傍には、基板Wの表面（露光面）までの距離変化、すなわち液浸領域AR2の厚さ変化を計測する3個以上のギャップセンサ（第2検出器）132A、132B、132C、…が取り付けられ、これらの計測信号S2a、S2b、…もセンサユニット200に読み取られ、レンズ素子G12の下面G12bと基板Wの表面との平行度（相対的な傾斜の方向と量）や間隔の変化がリアルタイムに検出される。ここで、ギャップセンサ132A、132B、132C、…は、レンズ素子G12を保持したレンズセルLS12に取り付けられているため、センサユニット200は、ギャップセンサ132A、132B、132C、…の検出結果に基づいて、レンズ素子G12と基板Wの表面との位置関係を検出可能である。つまり、レンズセルLS12と基板Wの表面との位置関係を検出することは、レンズ素子G12と基板Wの表面との位置関係を検出することと実質的に同等であり、センサユニット200は、ギャップセンサ132A、132B、132C、…を使ってレンズセルLS

1 2 と基板Wの表面との位置関係を検出することで、レンズ素子G 1 2 と基板Wの表面との位置関係を求めることができる。なお、レンズセルL S 1 2 と基板Wの表面との位置関係を光学的に検出するようにしてもよい。

- このセンサユニット2 0 0 で計測された計測情報C Sは、先のレンズ制御ユニット2 0 2 とレチクルファイン制御ユニット2 0 4 とにリアルタイムで送られる。
- 5 レンズ制御ユニット2 0 2 は、その計測情報C Sに基づいて先玉レンズ素子G 1 2 の位置や姿勢の変化に応じて副次的に生じる各種の収差成分の誤差を補正すべく、つまり、鏡筒P L Bに対するレンズセルL S 1 2 の変動、あるいは基板Wの表面に対するレンズセルL S 1 2 の変動を補償するように、各アクチュエータA
- 10 C 1、A C 2、A C 3 への駆動信号K 1、K 2、K 3 にリアルタイムにオフセット成分を加え、基板W上に投影されるパターンの像を調整する。ここで、鏡筒P L Bに対するレンズセルL S 1 2 の位置関係の変動は、光学群M P Lに対するレンズ素子G 1 2 の位置関係の変動と実質的に同等であるため、レンズ制御ユニット2 0 2 は、センサユニット2 0 0 の計測情報C Sに基づいて、光学群M P Lに
- 15 対するレンズ素子G 1 2 の変動を補償することができる。同様に、基板Wの表面に対するレンズセルL S 1 2 の位置関係の変動は、基板Wの表面に対するレンズ素子G 1 2 の位置関係の変動と実質的に同等であるため、レンズ制御ユニット2 0 2 は、センサユニット2 0 0 の計測情報C Sに基づいて、基板Wの表面に対するレンズ素子G 1 2 の変動を補償することができる。
- 20 同様に、レチクルファイン制御ユニット2 0 4 は、レンズ素子G 1 2 の位置や姿勢の変化に応じて副次的に生じる各種の収差成分の誤差を補正すべく、計測情報C Sに基づいて、レチクルホルダR H（レチクルR）のZ位置や傾斜を制御する各Zアクチュエータ1 5 0 A、1 5 0 B、1 5 0 Cへの駆動信号V a、V b、V cにリアルタイムにオフセット成分を加えることができる。
- 25 なおここでは、レチクルRの位置姿勢補正と先のレンズ素子G 3、G 4、G 6の位置姿勢補正とを同時に行っているが、必ずしも全て同時に行う必要はなく、先玉レンズ素子G 1 2 の運動の種類、即ち単純なZ位置の変化なのか、傾斜の変化なのか、或いはその2つの複合なのかによって、適宜選択的に行われる。

図9は、レンズ保持部M L Mの他の実施形態を示す部分断面図であり、ここで

は先玉レンズ素子G 1 2の上面G 1 2 aは光軸AX上の点C_pを曲率中心とする凸球面状に形成され、下面G 1 2 bは平坦面に形成される。また先玉レンズ素子G 1 2の下端部には下面G 1 2 bと連なったフランジ部F 1 2 bが形成され、基板Wの表面と下面G 1 2 bとの間に形成される液浸領域AR 2の面積を先の図5を参照して説明した実施形態よりも広げ、液体LQの流れの一様化を向上させている。

レンズ素子G 1 2の上側のフランジF 1 2は、リング状のレンズセルLS 1 2 aにキネマチックにリジッドに支持される。また、レンズセルLS 1 2 aの外周には、点C_pを中心とする凸球面座As aが輪帯状に形成され、さらにレンズセルLS 1 2 aの外側には、凸球面座As aとほぼ同じ曲率半径の凹球面座が形成されたリング状の第2セルLS 1 2 bが設けられている。互いに対向したレンズセルLS 1 2 aの凸球面座As aと第2セルLS 1 2 bの凹球面座との間には、真空予圧型又は磁気予圧型のエアベアリングが形成されている。

第2セルLS 1 2 bの外周には、上下に所定間隔を空けて配置した永久磁石Mg 1、Mg 3の組が円周上の複数ヶ所に固定される。そして、磁石Mg 1、Mg 3と、この磁石Mg 1、Mg 3の組の空隙に配置するように外鏡筒LB 3の内側に固定された永久磁石Mg 2とによって、自重キャンセル機構が構成される。そして第2セルLS 1 2 bの下面端部と外鏡筒LB 3の間には、光軸AXを中心とする円周に沿った複数ヶ所に板バネ状のフレクシャ100 A、100 B、…が設けられる。この板バネ状フレクシャ100 A、100 B、…は、Z軸方向の剛性が極めて小さく、横方向(XY方向)の剛性が大きくなるように作られ、第2セルLS 1 2 bとレンズセルLS 1 2 aとを一体的にZ軸方向に微動させる。

以上のような構成により、レンズセルLS 1 2 aは第2セルLS 1 2 bに対して球面座の予圧型エアベアリングで拘束されているだけなので、点C_pを中心にして自由に微小傾斜することができる。すなわち、先玉レンズ素子G 1 2が中立位置から傾斜しても、その上面G 1 2 aの凸球面とレンズ素子G 1 1(図5等参照)の下面の凹球面との間隔は球面上の同一の径位置ではどこでも一定になるように維持される。ただし、レンズセルLS 1 2 aと第2セルLS 1 2 bとが一体的に上下に微動した場合だけ、上面G 1 2 aの凸球面とレンズ素子G 1 1の下面

の凹球面との間隔が全体的に変化する。このため、先玉レンズ素子G 1 2の運動によって副次的に生じる各種収差は、特定の種類の制限可能となり、図8を参照して説明したレンズ制御ユニット202やレチクルファイン制御ユニット204によってレンズ素子G 3、G 4、G 6やレチクルホルダRHの姿勢に補正を加える量も小さくできるか、姿勢補正すべき要素を減らせると言った利点がある。

なお上記各実施形態では、投影光学系PL内で自己完結的に投影像質の劣化が起きないように補償を行うか、あるいはレチクルRの位置を光軸AXの方向にZ並進微動させたり、微少傾斜させることを併用することで基板W上に投影されるパターンの像を調整しているが、投影露光にエキシマレーザやF₂レーザ等の波長チューニング機構を持つ光源装置を使う場合には、レチクルRの照明光の中心波長を僅かにシフトさせたりすることで、基板W上での投影像質の劣化を補償することも可能であり、その場合はレンズ素子G 3、G 4、G 6のリアルタイム駆動が全く必要ないか、あるいは限られたレンズ素子のみのリアルタイム駆動が補助的に必要となるだけである。

なお、上記実施形態において、レンズセルLS 1 2は1つのレンズ素子G 1 2のみを保持するようになっているが、複数の光学素子（光学群）を保持する構成でもよい。

また、上述の実施形態においては、光学部材G 1 2と、レチクルRと光学部材G 1 2との間の光学群MPLとの二群に投影光学系PLを分けているが、三群以上に分離するようにしてもよい。その場合、光学部材G 1 2と、その光学部材G 1 2に対して隣り合わない群との位置関係を検出したり、位置変動の補償を行うようにしてもよい。

本実施形態では、投影光学系PLの先端にレンズ素子G 1 2が取り付けられているが、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板であってもよい。

上記各実施形態において、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば投影領域AR 1の長辺について2対のノズルで液体30LQの供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+X方向、又は-X方向のど

ちらの方向からも液体LQの供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

第2実施例

- 5 本発明の露光装置についてさらに図面を参照しながら説明する。図10は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図10において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Wを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターン像を基板ステージPSTに支持されている基板Wに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備えている。

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板W上に液体LQを供給する液体供給機構310と、基板W上の液体LQを回収する液体回収機構320とを備えている。露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板W上に転写している間、液体供給機構310から供給した液体LQにより投影光学系PLの投影領域AR301を含む基板W上の一部に、投影領域AR1よりも大きく且つ基板Wよりも小さい液浸領域AR302を局所的に形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの像面側終端部の光学素子302Fと、その像面側に配置された基板W表面との間に液体LQを満たす局所液浸方式を採用し、この投影光学系PLと基板Wとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMを通過した露光光ELを基板Wに照射することによってマスクMのパターンを基板Wに投影露光する。

- 25 本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Wとを互いに同期移動、例えば互いに異なる向き（逆方向）に移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Wに露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でマスクMと基板Wとの同期移動

方向（走査方向）をX軸方向、Z軸方向及びX軸方向に垂直な方向（非走査方向）をY軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。

照明光学系ILは、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるマスクM上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスクM上の所定の照明領域は照明光学系ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）や、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）及びF₂レーザ光（波長157nm）等の真空紫外光（VUV光）などが用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。

本実施形態において、液体LQには純水が用いられる。純水はArFエキシマレーザ光のみならず、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）も透過可能である。

マスクステージMSTは、マスクMを保持して移動可能であって、例えばマスクMを真空吸着（又は静電吸着）により固定している。マスクステージMSTは、リニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置MSTDにより、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び θZ 方向に微小回転可能である。そして、マスクステージMSTは、X軸方向に指定された走査速度で移動可能となっており、マスクMの全面が少なくとも投影光学系PLの光軸AXを横切ることができるだけのX軸方向の移動ストロークを有している。

マスクステージMST上には移動鏡31が設けられている。また、移動鏡331に対向する位置にはレーザ干渉計32が設けられている。マスクステージMS

T上のマスクMの2次元方向の位置、及び θ Z方向の回転角（場合によっては θ X、 θ Y方向の回転角も含む）はレーザ干渉計332によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、レーザ干渉計332の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTDを駆動すること
5 ことでマスクステージMSTに支持されているマスクMの位置を制御する。

投影光学系PLは、マスクMのパターンを所定の投影倍率 β で基板Wに投影露光するものであって、基板W側の先端部に設けられた光学素子（光学部材、レンズ）302Fを含む複数の光学素子302（302A～302F）で構成されており、これら光学素子2A～2Fは鏡筒PKで支持されている。本実施形態にお
10 いて、投影光学系PLは、投影倍率 β が例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。

本実施形態の投影光学系PLの先端部の光学素子302Fは鏡筒PKより露出しており、液浸領域AR302の液体LQが接触する。複数の光学素子302A～302Fのうち少なくとも光学素子2Fは螢石（フッ化カルシウム）で形成さ
15 れている。螢石表面、あるいは MgF_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 等を付着させた表面は水との親和性が高いので、光学素子302Fの液体接触面2Sのほぼ全面に液体LQを密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子302Fの液体接触面302Sとの親和性が高い液体（水）LQを供給するように
20 しているため、光学素子302Fの液体接触面302Sと液体LQとの密着性が高く、光学素子302Fと基板Wとの間の光路を液体LQで確実に満たすことができる。なお、光学素子302Fは、水との親和性が高い石英であってもよい。また、光学素子2Fの液体接触面302Sに親水化（親液化）処理を施して、液体LQとの親和性をより高めるようにしてもよい。

投影光学系PLの鏡筒PKの内部空間は略密閉されており、ガス置換装置30
25 3によって所定のガス環境に維持されている。ガス置換装置303は、配管303Aを介して鏡筒PK内部に所定のガスを供給するとともに、配管303Bを介して鏡筒PK内部のガスを回収することで、鏡筒PK内部を所定のガス環境に維持する。本実施形態においては、鏡筒PK内部は、ヘリウム、アルゴン、窒素などの不活性ガスで満たされる。露光光ELが真空紫外光の場合、露光光ELの通

過する空間である光路空間内に酸素分子、水分子、二酸化炭素分子、有機物などといった、かかる波長域の光に対し強い吸収特性を備える物質である吸光物質が存在していると、露光光E Lは吸光物質によって吸収され十分な光強度で基板W上に到達できない。ところが、露光光E Lの通過する光路空間である鏡筒P K内部を略密閉にして外部からの吸光物質の流入を遮断するとともに、その鏡筒P K内部を不活性ガスで満たすことにより、露光光E Lを十分な光強度で基板Wに到達させることができる。

なお、ガス置換装置3 0 3は、不活性ガスの他にドライエアを供給するようにしてもよい。

また、鏡筒P Kは複数の分割鏡筒（サブバレル）を組み合わせた構成であってもよい。また、投影光学系P Lを構成する複数の光学素子3 0 2 A～3 0 2 Fのうち液体L Qに接する光学素子3 0 2 Fは、他の光学素子3 0 2 A～3 0 2 Eを保持する鏡筒（鏡筒本体）P Kとは別の保持部材（レンズセル）によって保持されていてもよい。この場合、鏡筒本体P Kとレンズセルとは、第1の実施例で説明したようにフレクシャ1 0 0 A～1 0 0 Cが所定の連結機構で連結してもよい。

基板ステージP S Tは、基板Wを保持して移動可能であって、X Yステージ3 5 1と、X Yステージ3 5 1上に搭載されたZチルトステージ3 5 2とを含んで構成されている。X Yステージ3 5 1は、ステージベースS Bの上面の上方に不図示の非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されている。X Yステージ3 5 1（基板ステージP S T）はステージベースS Bの上面に対して非接触支持された状態で、リニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置P S T Dにより、投影光学系P Lの光軸A Xに垂直な平面内、すなわちX Y平面内で2次元移動可能及び θ Z方向に微小回転可能である。このX Yステージ3 5 1上にZチルトステージ3 5 2が搭載され、Zチルトステージ3 5 2上に不図示の基板ホルダを介して基板Wが例えば真空吸着等により保持されている。Zチルトステージ3 5 2は、Z軸方向、 θ X方向、及び θ Y方向にも移動可能に設けられている。基板ステージ駆動装置P S T Dは制御装置CONTにより制御される。

基板ステージP S T（Zチルトステージ3 5 2）上には移動鏡3 3 3が設けら

れている。また、移動鏡 3 3 3 に対向する位置にはレーザ干渉計 3 3 4 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 W の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 3 3 4 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T 5 1 に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 3 3 4 の計測結果に基づいてリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 W の位置決めを行う。

また、露光装置 E X は、基板ステージ P S T に支持されている基板 W の表面の位置を検出する不図示のフォーカス・レベリング検出系を備えている。なお、フォーカス・レベリング検出系 8 0 の構成としては、例えば特開平 8 - 3 7 1 4 9 10 号公報に開示されているものを用いることができる。フォーカス・レベリング検出系の検出結果は制御装置 C O N T 1 に出力される。制御装置 C O N T はフォーカス・レベリング検出系の検出結果に基づいて、基板 W 表面の Z 軸方向の位置情報、及び基板 W の θ X 及び θ Y 方向の傾斜情報を検出することができる。Z チルトステージ 3 5 2 は、基板 W のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 W の表面を 15 オートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込み、X Y ステージ 3 5 1 は基板 W の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。なお、Z チルトステージと X Y ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

また、基板ステージ P S T (Z チルトステージ 5 2) 上には、基板ステージ P 20 S T に保持された基板 W を囲むようにプレート部材 3 5 6 が設けられている。プレート部材 3 5 6 は環状部材であって、基板 W の外側に配置されている。プレート部材 3 5 6 は、基板ステージ P S T に保持された基板 W の表面とほぼ同じ高さ (面一) の平坦面 (平坦部) 3 5 7 を有している。平坦面 3 5 7 は、基板ステージ P S T に保持された基板 W の外側の周囲に配置されている。

25 プレート部材 3 5 6 は、例えばポリ四フッ化エチレン (テフロン (登録商標)) などの撥液性を有する材料によって形成されている。そのため、平坦面 3 5 7 は撥液性を有する。なお、例えば所定の金属などでプレート部材 3 5 6 を形成し、その金属製のプレート部材 3 5 6 の少なくとも平坦面 5 7 に対して撥液処理を施すことで、平坦面 3 5 7 を撥液性にしてもよい。プレート部材 3 5 6 (平坦面 3

5 7) の撥液処理としては、例えば、ポリ四フッ化エチレン等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料、シリコン系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する。また、表面処理のための膜は、単層膜であってもよいし複数の層からなる膜であってもよい。撥液性にするための撥液性材料としては液体LQに対して非溶解性の材料が用いられる。また、撥液性材料の塗布領域としては、プレート部材356の表面全域に対して塗布してもよいし、例えば平坦面357など撥液性を必要とする一部の領域のみに対して塗布するようにしてもよい。

10 基板Wの周囲に、基板W表面とほぼ面一の平坦面357を有するプレート部材356を設けたので、基板Wのエッジ領域Eを液浸露光するときにおいても、基板Wのエッジ部の外側には段差部がほぼ無いので、投影光学系PLの下に液体LQを保持し、投影光学系PLの像面側に液浸領域AR302を良好に形成することができる。また、平坦面357を撥液性にすることにより、液浸露光中における基板W外側（平坦面357外側）への液体LQの流出を抑え、また液浸露光後
15 においても液体LQを円滑に回収できて、平坦面357上に液体LQが残留することを防止することができる。

液体供給機構310は、所定の液体LQを投影光学系PLの像面側に供給するためのものであって、液体LQを送出可能な液体供給部311と、液体供給部311にその一端部を接続する供給管312（312A、312B）とを備えている。
20 液体供給部311は、液体LQを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えている。基板W上に液浸領域AR302を形成する際、液体供給機構310は液体LQを基板W上に供給する。

液体回収機構320は、投影光学系PLの像面側の液体LQを回収するためのものであって、液体LQを回収可能な液体回収部321と、液体回収部321に
25 その一端部を接続する回収管322（322A、322B）とを備えている。液体回収部321は例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。なお真空系として、露光装置EXに真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。基板W上に液浸領域

AR 302を形成するために、液体回収機構320は液体供給機構310より供給された基板W上の液体LQを所定量回収する。

投影光学系PLを構成する複数の光学素子302A~302Fのうち、液体LQに接する光学素子302Fの近傍には流路形成部材370が配置されている。

- 5 流路形成部材370は、基板W（基板ステージPST）の上方において、光学素子302Fの側面302Tを囲むように設けられた環状部材である。

- 10 流路形成部材370は、例えばアルミニウム、チタン、ステンレス鋼、ジュラルミン、及びこれらを含む合金によって形成可能である。あるいは、流路形成部材370は、ガラス（石英）等の光透過性を有する透明部材（光学部材）によって構成されてもよい。

- 15 流路形成部材370は、基板W（基板ステージPST）の上方に設けられ、その基板W表面に対向するように配置された液体供給口313（13A、13B）を備えている。本実施形態において、流路形成部材370は2つの液体供給口313A、313Bを有している。液体供給口313A、313Bは流路形成部材370の下面370Sに設けられている。

- 20 また、流路形成部材370は、その内部に液体供給口313（313A、313B）に対応した供給流路314（314A、314B）を有している。供給流路314A、314Bの一端部は供給管312A、312Bを介して供給部311にそれぞれ接続され、他端部は液体供給口313A、313Bにそれぞれ接続されている。

- 25 供給管312A、312Bの途中には、液体供給部311から送出され、液体供給口313A、313Bのそれぞれに対する単位時間あたりの液体供給量を制御するマスフローコントローラと呼ばれる流量制御器316A、316Bがそれぞれ設けられている。流量制御器316（316A、316B）による液体供給量の制御は制御装置CONTの指令信号の下で行われる。

更に、流路形成部材370は、基板W（基板ステージPST）の上方に設けられ、その基板W表面に対向するように配置された液体回収口323を備えている。本実施形態において、流路形成部材370は2つの液体回収口323A、323Bを有している。液体回収口323A、323Bは流路形成部材370の下面3

70Sに設けられている。

また、流路形成部材370は、その内部に液体回収口323（323A、323B）に対応した回収流路324（324A、324B）を有している。回収流路324A、324Bの一端部は回収管322A、322Bを介して液体回収部
5 321にそれぞれ接続され、他端部は液体回収口323A、323Bにそれぞれ接続されている。

本実施形態において、流路形成部材370は、液体供給機構310及び液体回収機構320それぞれの一部を構成している。そして、液体供給機構310を構成する液体供給口313A、313Bは、投影光学系PLの投影領域AR301
10 を挟んだX軸方向両側のそれぞれの位置に設けられており、液体回収機構320を構成する液体回収口323A、323Bは、投影光学系PLの投影領域AR301に対して液体供給機構310の液体供給口313A、313Bの外側に設けられている。

液体供給部311及び流量制御器316の動作は制御装置CONTにより制御
15 される。基板W上に液体LQを供給する際、制御装置CONTは、液体供給部311より液体LQを送出し、供給管312A、312B、及び供給流路314A、314Bを介して、基板Wの上方に設けられている液体供給口313A、313Bより基板W上に液体LQを供給する。このとき、液体供給口313A、313Bは投影光学系PLの投影領域AR301を挟んだ両側のそれぞれに配置されて
20 おり、その液体供給口313A、313Bを介して、投影領域AR301の両側から液体LQを供給可能である。また、液体供給口313A、313Bのそれぞれから基板W上に供給される液体LQの単位時間あたりの量は、供給管312A、312Bのそれぞれに設けられた流量制御器316A、316Bにより個別に制御可能である。

25 液体回収部321の液体回収動作は制御装置CONTにより制御される。制御装置CONTは、液体回収部321による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。基板Wの上方に設けられた液体回収口323A、323Bから回収された基板W上の液体LQは、流路形成部材370の回収流路324A、324B、及び回収管322A、322Bを介して液体回収部321に回収される。

なお、本実施形態において、供給管 3 1 2 A、3 1 2 B は 1 つの液体供給部 3 1 1 に接続されているが、供給管の数に対応した液体供給部 3 1 1 を複数（ここでは 2 つ）設け、供給管 3 1 2 A、3 1 2 B のそれぞれを前記複数の液体供給部 3 1 1 のそれぞれに接続するようにしてもよい。また、回収管 3 2 2 A、3 2 2 B は、1 つの液体回収部 3 2 1 に接続されているが、回収管の数に対応した液体回収部 3 2 1 を複数（ここでは 2 つ）設け、回収管 3 2 2 A、3 2 2 B のそれぞれを前記複数の液体回収部 3 2 1 のそれぞれに接続するようにしてもよい。

投影光学系 P L の光学素子 3 0 2 F の液体接触面 3 0 2 S、及び流路形成部材 3 7 0 の下面（液体接触面）3 7 0 S は親液性（親水性）を有している。本実施形態においては、光学素子 3 0 2 F 及び流路形成部材 3 7 0 の液体接触面に対して親液処理が施されており、その親液処理によって光学素子 3 0 2 F 及び流路形成部材 3 7 0 の液体接触面が親液性となっている。換言すれば、基板ステージ P S T に保持された基板 W の被露光面（表面）と対向する部材の表面のうち少なくとも液体接触面は親液性となっている。本実施形態における液体 L Q は極性の大きい水であるため、親液処理（親水処理）としては、例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで、この光学素子 3 0 2 F や流路形成部材 3 7 0 の液体接触面に親水性を付与する。すなわち、液体 L Q として水を用いる場合には O H 基など極性の大きい分子構造を持ったものを前記液体接触面に設ける処理が望ましい。あるいは、M g F₂、A l₂O₃、S i O₂などの親液性材料を前記液体接触面に設けてもよい。

なお、流路形成部材 3 7 0 の下面（基板 W 側を向く面）3 7 0 S はほぼ平坦面であってもよいが、流路形成部材 3 7 0 の下面 3 7 0 S のうち投影光学系 P L に対して液体回収口 3 2 3 （3 2 3 A、3 2 3 B）より外側の領域に、X Y 平面に対して傾斜した面、具体的には投影領域 A R 3 0 1 （液浸領域 A R 3 0 2）に対して外側に向かうにつれて基板 W の表面に対して離れるように（上に向かうように）傾斜する所定長さを有する傾斜面（トラップ面）を設けてもよい。こうすることにより、基板 W の移動に伴って投影光学系 P L と基板 W との間の液体 L Q が流路形成部材 3 7 0 の下面 3 7 0 S の外側に流出しようとしても、トラップ面で捕捉されるため、液体 L Q の流出を防止することができる。ここで、トラップ面

に親液処理を施して親液性にする事で、基板Wの表面に塗布されている膜（フォトレジスト等の感光材膜や、反射防止膜あるいは液体から感光材を保護する膜等）は通常撥液性（撥水性）なので、液体回収口323の外側に流出した液体LQはトラップ面で捕捉される。

- 5 また、不図示ではあるが、基板ステージPST（Zチルトステージ352）上において、基板Wの周囲のプレート部材356の外側の所定位置には、基準部材が配置されている。基準部材には、例えば特開平4-65603号公報に開示されているような構成を有する基板アライメント系により検出される基準マークと、例えば特開平7-176468号公報に開示されているような構成を有するマスクアライメント系により検出される基準マークとが所定の位置関係で設けられて
- 10 いる。基準部材の上面はほぼ平坦面となっており、基板W表面、プレート部材56の表面（平坦面）357とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。基板アライメント系は基板ステージPSTの近傍に設けられ、基板W上のアライメントマークも検出する。また、マスクアライメント系はマスクステージMSTの近傍に
- 15 設けられ、マスクMと投影光学系PLとを介して基板ステージPST（Zチルトステージ352）上の基準マークを検出する。

- また、Zチルトステージ352（基板ステージPST）上のうち、プレート部材356の外側の所定位置には、光学センサとして例えば特開昭57-117238号公報に開示されているような照度ムラセンサが配置されている。照度ムラ
- 20 センサは平面視矩形状の上板を備えている。上板の上面はほぼ平坦面となっており、基板W表面、プレート部材356の表面（平坦面）357とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板の上面には、光を通過可能なピンホール部が設けられている。上面のうち、ピンホール部以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

- 25 また、Zチルトステージ352（基板ステージPST）上のうち、プレート部材356の外側の所定位置には、光学センサとして例えば特開2002-14005号公報に開示されているような空間像計測センサが設けられている。空間像計測センサは平面視矩形状の上板を備えている。上板の上面はほぼ平坦面となっており、フォーカス・レベリング検出系の基準面として使ってもよい。そして、

上板の上面は基板W表面、プレート部材356の表面（平坦面）357とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板の上面には、光を通過可能なスリット部が設けられている。上面のうち、スリット部以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

- 5 また、Zチルトステージ352（基板ステージPST）上には、例えば特開平11-16816号公報に開示されているような照射量センサ（照度センサ）も設けられており、その照射量センサの上板の上面は基板W表面やプレート部材356の表面（平坦面）357とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

- 本実施形態における露光装置EXは、マスクMと基板WとをX軸方向（走査方向）に移動しながらマスクMのパターン像を基板Wに投影露光するものであって、走査露光時には、液浸領域AR2の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMの一部のパターン像が投影領域AR1内に投影され、マスクMが-X方向（又は+X方向）に速度Vで移動するのに同期して、基板Wが投影領域AR1に対して+X方向（又は-X方向）に速度 $\beta \cdot V$ （ β は投影倍率）で移動する。そして、
- 10 基板W上には複数のショット領域が設定されており、1つのショット領域への露光終了後に、基板Wのステッピング移動によって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で基板Wを移動しながら各ショット領域に対する走査露光処理が順次行われる。

- 図11は液体供給口313及び液体回収口323と投影領域AR301との位置関係を示す平面図である。図11に示すように、投影光学系PLの投影領域AR1は、Y軸方向を長手方向とし、X軸方向を短手方向とした平面視矩形状に設定されている。
- 20

- 液体供給口313A、313Bは、X軸方向（走査方向）に関し、投影光学系PLの投影領域AR301を挟んだ両側のそれぞれに設けられている。具体的には、液体供給口313Aは、流路形成部材370の下面370Sのうち、投影領域AR301に対して走査方向一方側（-X側）に設けられ、液体供給口313Bは他方側（+X側）に設けられている。つまり液体供給口313A、313Bは投影領域AR301の近くに設けられ、走査方向（X軸方向）に関して投影領域AR1を挟むようにその両側に設けられている。液体供給口313A、313
- 25

Bのそれぞれは、Y軸方向に延びる平面視略コ字状（円弧状）のスリット状に形成されている。そして、液体供給口313A、313BのY軸方向における長さは少なくとも投影領域AR301のY軸方向における長さより長くなっている。液体供給口313A、313Bは、少なくとも投影領域AR301を囲むように設けられている。液体供給機構310は、液体供給口313A、313Bを介して投影領域AR1の両側で液体LQを同時に供給可能である。

液体回収口323A、323Bは、液体供給機構310の液体供給口313A、313Bより投影光学系PLの投影領域AR301に対して外側に設けられており、X軸方向（走査方向）に関し、投影光学系PLの投影領域AR301を挟んだ両側のそれぞれに設けられている。具体的には、液体回収口323Aは、流路形成部材370の下面370Sのうち、投影領域AR301に対して走査方向一方側（-X側）に設けられ、液体回収口323Bは他方側（+X側）に設けられている。液体回収口323A、323Bのそれぞれは、Y軸方向に延びる平面視略コ字状（円弧状）のスリット状に形成されている。液体回収口323A、323Bは、投影光学系PLの投影領域AR301、及び液体供給口313A、313Bを囲むように設けられている。

そして、液体LQが満たされた液浸領域AR302は、投影領域AR301を含むように実質的に2つの液体回収口323A、323Bで囲まれた領域内であって且つ基板W上の一部に局所的に形成される。なお、液浸領域AR302は少なくとも投影領域AR301を覆っていればよく、必ずしも2つの液体回収口323A、323Bで囲まれた領域全体が液浸領域にならなくてもよい。

なお、液体供給口313は投影領域AR301の両側のそれぞれに1つずつ設けられている構成であるが、複數に分割されていてもよく、その数は任意である。同様に、液体回収口323も複數に分割されていてもよい。また、投影領域AR301の両側に設けられた液体供給口313のそれぞれは互いにほぼ同じ大きさ（長さ）に形成されているが、互いに異なる大きさであってもよい。同様に、投影領域AR301の両側に設けられた液体回収口323のそれぞれが互いに異なる大きさであってもよい。また、供給口313のスリット幅と回収口323のスリット幅とは同じであってもよいし、回収口323のスリット幅を、供給口31

3のスリット幅より大きくしてもよいし、逆に回収口323のスリット幅を、供給口313のスリット幅より小さくしてもよい。

図12は流路形成部材370近傍の拡大断面図である。図12に示すように、投影光学系PLの光学素子302Fの側面302Tと流路形成部材370の内側面370Tとの間には隙間G301が設けられている。隙間G301は、投影光学系PLの光学素子302Fと流路形成部材370とを振動的に分離するために設けられたものである。隙間G301は例えば3～10mm程度に設定されている。また、流路形成部材370を含む液体供給機構310及び液体回収機構320と、投影光学系PLとはそれぞれ別の支持機構で支持されており、振動的に分離されている。これにより、流路形成部材370を含む液体供給機構310及び液体回収機構320で発生した振動が、投影光学系PL側に伝達することを防止している。

また、光学素子302Fの上部にはフランジ部302Gが形成されており、鏡筒PKの下端部には、フランジ部302Gと対向する支持面PFが形成されている。そして、鏡筒PKの支持面PFには、光学素子302Fをキネマティック支持する支持部360が設けられている。支持部360に支持されている光学素子302Fのフランジ部302Gの下面と、鏡筒PKの支持面PFとの間には隙間G302が設けられている。

そして、露光装置EXは、投影光学系PLを構成する複数の光学素子302A～302Fのうち、基板W上に形成された液浸領域AR302の液体LQに接する光学素子302Fの側面302Tと流路形成部材370との間への液体LQの浸入を阻止する第1シール部材330を備えている。

更に、露光装置EXは、光学素子302Fとその光学素子302Fを保持する鏡筒PKとの間の気体の流通を阻止する第2シール部材340を備えている。第1シール部材330は環状に形成されている流路形成部材370の内側面370Tに交換可能に取り付けられている。第2シール部材340は鏡筒PKに交換可能に取り付けられている。

図13は第1シール部材330近傍を示す拡大断面図である。図13に示すように、第1シール部材330は、光学素子302Fの側面302Tと流路形成部

材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T との間に設けられており、光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T と流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T との間に対して基板 W 上に形成された液浸領域 A R 3 0 2 の液体 L Q が浸入することを阻止する。第 1 シール部材 3 3 0 は、光学素子 3 0 2 F を囲むように環状に形成されている。

- 5 第 1 シール部材 3 3 0 は可撓性を有している。また、第 1 シール部材 3 3 0 は撥液性を有している。本実施形態においては、第 1 シール部材 3 3 0 はフッ素ゴムによって構成されている。フッ素ゴムは可撓性及び撥液性を有しているとともに、アウトガスが少なく、液体 L Q に対して非溶解性であって露光処理に与える影響が少ないため好ましい。なお、第 1 シール部材 3 3 0 としては、可撓性を有する所定の材料で形成された環状部材の表面に撥液性材料をコーティングするようにしてもよい。

- 15 光学素子 3 0 2 F を囲むように環状に形成されている第 1 シール部材 3 3 0 は、流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T に取り付けられる本体部 3 3 1 と、本体部 3 3 1 にヒンジ部 3 3 2 を介して接続され、光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T に接触する接触部 3 3 3 とを備えている。接触部 3 3 3 は略円環状（円錐状）部材である。

- 20 流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T の下端部近傍には、第 1 シール部材 3 3 0 の本体部 3 3 1 を保持可能な凹部 3 7 1 が形成されている。凹部 3 7 1 は流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T に沿うように平面視略円環状に形成されている。
- 25 凹部 3 7 1 に対して第 1 シール部材 3 3 0 の本体部 3 3 1 が嵌合することにより、その本体部 3 3 1 が流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T の下端部近傍に取り付けられる。そして、第 1 シール部材 3 3 0 の本体部 3 3 1 が流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T （凹部 3 7 1 ）に取り付けられた状態において、接触部 3 3 3 は光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T の下端部近傍に接触する。接触部 3 3 3 は本体部 3 3 1 よりも薄肉化されており、光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T に接触した状態で大きく撓むことができるようになっている。

ヒンジ部 3 3 2 は本体部 3 3 1 と接触部 3 3 3 とを接続するものであって、図 1 3 中、矢印 y 3 0 1 で示す方向に弾性変形可能である。そして、第 1 シール部材 3 3 0 の本体部 3 3 1 が流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T に取り付けられ

た状態において、接触部 333 は、光学素子 302F の側面 302T を押す方向（矢印 y 302 参照）に力を発生する。これにより、接触部 333 と光学素子 302F の側面 302T とが密着する。これにより、光学素子 302F の側面 302T と流路形成部材 370 との間の隙間 G301 への液浸領域 AR302 の液体 LQ の浸入が阻止される。

また、接触部 333 は可撓性を有しているので、例えば流路形成部材 370 で振動が発生しても、接触部 333 が撓んだり、あるいはヒンジ部 332 が弾性変形することにより吸収することができる。したがって、流路形成部材 370 で発生した振動が投影光学系 PL の光学素子 302F に伝達することを防止することができる。また、接触部 333 が撓んだり、あるいはヒンジ部 332 が弾性変形することにより、第 1 シール部材 330（接触部 333）が光学素子 302F に与える力を低減することができる。したがって、光学素子 302F が歪んだり位置ずれを生じるなどといった不都合の発生を防止することができる。

ここで、接触部 333 の矢印 y 302 方向への力（付勢力）はヒンジ部 332 の弾性変形に基づいて発生するが、液浸領域 AR302 の液体 LQ の圧力によっても発生する。つまり、液浸領域 AR302 の液体 LQ の圧力が陽圧化すると、隙間 G301 のうち第 1 シール部材 330 より下側の空間 G301a の圧力が、上側の空間 G301b の圧力よりも高くなる。そして、図 13 に示すように、接触部 333 の上端部がヒンジ部 332 を介して本体部 331 に接続され、その下端部が光学素子 302F の側面 302T に接触している状態においては、接触部 333 は光学素子 302F の側面 302T に密着する。

なお、図 13 に示す第 1 シール部材 330 の形態は一例であって、空間 G301a と空間 G301b との圧力差によって接触部 333 が光学素子 302 の側面 302T に密着するように、接触部 333（第 1 シール部材 330）を設置したときの姿勢、あるいは本体部 331 に対する接触部 333 の位置が最適に設定されていればよい。

なおここでは、第 1 シール部材 330 の本体部 331 が流路形成部材 370 に取り付けられ、接触部 333 が光学素子 302F に接触しているが、第 1 シール部材 330 の本体部 331 を光学素子 302F の側面 302T に取り付け、接触

部 3 3 3 を流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T に接触させるようにしてもよい。

また、隙間 G 3 0 1 を形成する光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T と、流路形成部材 3 7 0 のうち光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T と対向する内側面 3 7 0 T とのそれぞれは撥液性となっている。具体的には、内側面 3 7 0 T 及び側面 3 0 2 T のそれぞれは、撥液処理を施されることによって撥液性を有している。撥液処理としては、フッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料、シリコン系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する。また、表面処理のための膜は、単層膜であってもよいし複数の層からなる膜であってもよい。一方、上述したように、投影光学系 P L の光学素子 3 0 2 F の液体接触面 3 0 2 S、及び流路形成部材 3 7 0 の下面（液体接触面） 3 7 0 S は親液性（親水性）を有している。

第 1 シール部材 3 3 0、光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T、及び流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T のそれぞれが撥液性を有していることにより、例えば毛细管現象によって隙間 G 3 0 1 に液体 L Q が浸入した場合でも、その浸入した液体 L Q ははじかれて隙間 G 3 0 1 に留まることがない。したがって、隙間 G 3 0 1 において液体 L Q が淀むこともないので、淀むことによって清浄度が低下した液体 L Q が光学素子 3 0 2 F と基板 W との間の液浸領域 A R 3 0 2 の液体 L Q 中に混入する不都合の発生が防止される。

図 1 4 は第 2 シール部材 3 4 0 近傍を示す拡大断面図である。鏡筒 P K の下端部に形成された支持面 P F 上には、光学素子 3 0 2 F をフランジ部 3 0 2 G を介してキネマティック支持する支持部 3 6 0 が設けられており、光学素子 3 0 2 F は鏡筒 P K の支持面 P F 上に支持部 3 6 0 を介してキネマティック支持されている。支持部 3 6 0 は支持面 P F 上の 3 箇所の所定位置にそれぞれ設けられている。なお図 1 4 には 3 つの支持部 3 6 0 A ~ 3 6 0 C のうち支持部 3 6 0 C は図示されていない。

支持部 3 6 0 は、例えば鏡筒 P K の支持面 P F に設けられ、V 状内面を有する V 溝部材 3 6 1 と、V 溝部材 3 6 1 の V 状内面に接する球面を有する球状部材 3 6 2 とを備えている。ここで、光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G の下面には前記球状部材 3 6 2 を配置可能な球面状凹部 3 6 3 が形成されており、光学素

子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G の球面状凹部 3 6 3 の内面と球状部材 3 6 2 の球面とが接している。そして、これら面どうしが摺動可能であることにより、例えば鏡筒 P K が僅かに変形した際、これら面どうしが摺動することで鏡筒 P K の変形の光学素子 3 0 2 への影響が抑制されている。

- 5 支持部 3 6 0 (3 6 0 A ~ 3 6 0 C) によって 3 点支持されている光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G と、鏡筒 P K の支持面 P F との間には隙間 G 3 0 2 が設けられている。そして、光学素子 3 0 2 F と鏡筒 P K (支持面 P F) との間の気体の流通を阻止する第 2 シール部材 3 4 0 が、支持部 3 6 0 近傍に設けられている。第 2 シール部材 3 4 0 は、光学素子 3 0 2 F を囲むように環状に形成さ
- 10 れている。

- なお、支持部 3 6 0 は、V 時部材 3 6 1 と、球状部材 3 6 2 とを備える構成に限定されるものではない。例えば、支持部材 3 6 0 の構成として、鏡筒 P K の下端部に設けられた 3 つの座と、この 3 つの座に対応する位置に設けられる 3 つの光学素子押さえ部材とを備える構成であってもよい。この支持部材の構成では、
- 15 光学素子 2 F のフランジ部 2 G の一方の面を 3 つの座に載置し、光学素子 3 0 2 F を 3 点支持する。そして、上述した押さえ部材を光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G の他方の面に設けて、フランジ部 3 0 2 G を 3 つの座と共に挟み込むことによって、鏡筒 P K の下端部に光学素子 3 0 2 F を保持することができる。

- 第 2 シール部材 3 4 0 は、光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G と鏡筒 P K
- 20 の支持面 P F との間に設けられており、鏡筒 P K の内部空間と外部との間の気体の流通を阻止する。これにより、鏡筒 P K 内部は略密閉状態となり、上述したように、ガス置換装置 3 を使って鏡筒 P K 内部を不活性ガスで満たすことができる。

- 第 2 シール部材 3 4 0 は、第 1 シール部材 3 3 0 とほぼ同等の構成であって例えばフッ素ゴムによって形成されており、可撓性及び撥液性を有している。また、
- 25 上述したようにフッ素ゴムはアウトガスが少ないなど、露光処理に与える影響が少ないため好ましい。

そして、光学素子 3 0 2 F を囲むように環状に形成されている第 2 シール部材 3 4 0 は、鏡筒 P K の支持面 P F に取り付けられる本体部 3 4 1 と、本体部 3 4 1 にヒンジ部 3 4 2 を介して接続され、光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G

の下面に接触する接触部 3 4 3 とを備えている。

鏡筒 P K の下端部には、光学素子 3 0 2 F を配置可能な開口部 P M が形成されており、鏡筒 P K の支持面 P F のうち開口部 P M 近傍には、第 2 シール部材 3 4 0 の本体部 3 4 1 を保持可能な凹部 3 7 2 が形成されている。凹部 3 7 2 は開口部 P M に沿うように環状に形成されている。凹部 3 7 2 に対して第 2 シール部材 3 4 0 の本体部 3 4 1 が嵌合することにより、その本体部 3 4 1 が鏡筒 P K の支持面 P F に取り付けられる。本実施形態においては、第 2 シール部材 3 4 0 は、支持面 P F 上において支持部 3 6 0 よりも光学素子 3 0 2 F 側に配置されている。

そして、第 2 シール部材 3 4 0 の本体部 3 4 1 が鏡筒 P K の支持面 P F (凹部 3 7 2) に取り付けられた状態において、接触部 3 4 3 は光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G の下面に接触する。接触部 3 4 3 は本体部 3 4 1 よりも薄肉化されており、光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G に接触した状態で大きく撓むことができるようになっている。

ヒンジ部 3 4 2 は本体部 3 4 1 と接触部 3 4 3 とを接続するものであって、弾性変形可能である。そして、第 2 シール部材 3 4 0 の本体部 3 4 1 が鏡筒 P K の支持面 P F に取り付けられた状態において、接触部 3 4 3 は、光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G を押す方向に力を発生する。これにより、接触部 3 4 3 と光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G の下面とが密着する。これにより、光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G と鏡筒 P K の支持面 P F との間の気体の流通が阻止される。

また、接触部 3 4 3 は可撓性を有しているので、例えば光学素子 3 0 2 F で振動が発生しても、接触部 3 4 3 が撓んだり、あるいはヒンジ部 3 4 2 が弾性変形することにより吸収することができる。したがって、光学素子 3 0 2 F で発生した振動が鏡筒 P K に伝達することを防止することができる。また、接触部 3 4 3 が撓んだり、あるいはヒンジ部 3 4 2 が弾性変形することにより、第 2 シール部材 3 4 0 (接触部 3 4 3) が光学素子 3 0 2 F に与える力を低減することができる。したがって、光学素子 3 0 2 F が歪んだり位置ずれを生じるなどといった不都合の発生を防止することができる。

また、接触部 3 4 3 のフランジ部 3 0 2 G を押す方向への力 (付勢力) はヒン

ジ部 3 4 2 の弾性変形に基づいて発生するが、鏡筒 P K 内部空間と外部との圧力差によっても発生する。したがって、鏡筒 P K の内部空間と外部との圧力差によって接触部 3 4 3 が光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G に密着するように、接触部 3 4 3 (第 2 シール部材 3 4 0) を設置したときの姿勢、あるいは本体部 5 3 4 1 に対する接触部 3 4 3 の位置を設定することが好ましい。

なおここでは、第 2 シール部材 3 4 0 の本体部 3 4 1 が鏡筒 P K に取り付けられ、接触部 3 4 3 が光学素子 3 0 2 F に接触しているが、第 2 シール部材 3 4 0 の本体部 3 4 1 を光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G に取り付け、接触部 3 4 3 を鏡筒 P K の支持面 P F に接触させるようにしてもよい。

10 また、隙間 G 2 を形成する光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G の下面と、鏡筒 P K のうち光学素子 3 0 2 F のフランジ部 3 0 2 G と対向する支持面 P F とのそれぞれを撥液性にしてもよい。

次に、上述した構成を有する露光装置 E X を用いてマスク M のパターン像を基板 W に露光する方法について説明する。

15 マスク M がマスクステージ M S T にロードされるとともに、基板 W が基板ステージ P S T にロードされた後、基板 W の走査露光処理を行うに際し、制御装置 C O N T は液体供給機構 3 1 0 を駆動し、基板 W 上に対する液体供給動作を開始する。液浸領域 A R 3 0 2 を形成するために液体供給機構 3 1 0 の液体供給部 3 1 1 から供給された液体 L Q は、供給管 3 1 2 A、3 1 2 B を流通した後、供給流 20 路 3 1 4 A、3 1 4 B を介して液体供給口 3 1 3 A、3 1 3 B より基板 W 上に供給される。

基板 W 上に供給された液体 L Q によって、投影光学系 P L と基板 W との間に液浸領域 A R 3 0 2 が形成される。ここで、供給管 3 1 2 A、3 1 2 B を流通した液体 L Q はスリット状に形成された供給流路 3 1 4 A、3 1 4 B 及び液体供給口 25 3 1 3 A、3 1 3 B の幅方向に拡がり、基板 W 上の広い範囲に供給される。液体供給口 3 1 3 A、3 1 3 B から基板 W 上に供給された液体 L Q は、投影光学系 P L の先端部 (光学素子 3 0 2) の下端面と基板 W との間に濡れ拡がるように供給され、投影領域 A R 3 0 1 を含む基板 W 上の一部に、基板 W よりも小さく且つ投影領域 A R 3 0 1 よりも大きい液浸領域 A R 3 0 2 を局所的に形成する。このと

き、制御装置CONTは、液体供給機構310のうち投影領域AR301のX軸方向（走査方向）両側に配置された液体供給口313A、313Bのそれぞれより、投影領域AR301の両側から基板W上への液体LQの供給を同時に行う。

また、制御装置CONTは、液体供給機構310の駆動と並行して、液体回収機構320の液体回収部321を駆動し、基板W上の液体LQの回収を行う。そして、制御装置CONTは、液体供給機構310及び液体回収機構320の駆動を制御して、液浸領域AR2を形成する。

制御装置CONTは、液体供給機構310による基板W上に対する液体LQの供給と並行して、液体回収機構320による基板W上の液体LQの回収を行いつつ、基板Wを支持する基板ステージPSTをX軸方向（走査方向）に移動しながら、マスクMのパターン像を投影光学系PLと基板Wとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介して基板W上に投影露光する。このとき、液体供給機構310は走査方向に関して投影領域AR301の両側から液体供給口313A、313Bを介して液体LQの供給を同時に行っているため、液浸領域AR302は均一且つ良好に形成されている。

本実施形態において、投影領域AR301の走査方向両側から基板Wに対して液体LQを供給する際、制御装置CONTは、液体供給機構310の流量制御器316A、316Bを使って単位時間あたりの液体供給量を調整し、基板W上の1つのショット領域の走査露光中に、走査方向に関して投影領域AR301の一方側から供給する液体量（単位時間あたりの液体供給量）を、他方側から供給する液体量と異ならせる。具体的には、制御装置CONTは、走査方向に関して投影領域AR301の手前から供給する単位時間あたりの液体供給量を、その反対側で供給する液体供給量よりも多く設定する。

例えば、基板Wを+X方向に移動しつつ露光処理する場合、制御装置CONTは、投影領域AR301に対して-X側（すなわち液体供給口313A）からの液体量を、+X側（すなわち液体供給口313B）からの液体量より多くし、一方、基板Wを-X方向に移動しつつ露光処理する場合、投影領域AR301に対して+X側からの液体量を、-X側からの液体量より多くする。このように、制御装置CONTは、基板Wの移動方向に応じて、液体供給口313A、313B

からのそれぞれの単位時間あたりの液体供給量を変える。

そして、基板Wを液浸露光中、隙間G 3 0 1に液浸領域AR 3 0 2の液体L Qが浸入しようとしても、第1シール部材3 3 0によってその浸入が阻止される。

液体L Qが隙間G 3 0 1に浸入した場合、その隙間G 3 0 1に浸入した液体L
5 Qによって光学素子3 0 2 Fの側面3 0 2 Tに力が加わり、光学素子3 0 2 Fが変形する（歪む）等の不都合が生じる可能性がある。ところが、第1シール部材3 3 0を設けたので、光学素子3 0 2 Fの側面3 0 2 Tが液体L Qから力を受ける不都合を防止することができる。

また、第1シール部材3 3 0によって隙間G 3 0 1への液体L Qの浸入が阻止
10 されているので、隙間G 3 0 1に対する液体L Qの流入及び流出による圧力変動も生じない。したがって、その圧力変動によって光学素子3 0 2 Fが振動する不都合も防止される。

また、隙間G 3 0 1に液体L Qが浸入した場合、浸入した液体L Qが隙間G 3
0 1に滞留する可能性がある。隙間G 3 0 1に液体L Qが長時間滞留すると、そ
15 の液体L Qは汚染する可能性が高くなり、その汚染された隙間G 3 0 1の液体L Qが例えば基板Wの液浸露光中に投影光学系P Lと基板Wとの間に流入すると、露光精度の劣化をもたらす可能性がある。ところが、第1シール部材3 3 0によって隙間G 3 0 1に液体L Qを浸入させないようにすることで、隙間G 3 0 1に液体L Qが滞留する不都合を防止できる。

20 また、第1シール部材3 3 0によって光学素子3 0 2 Fの側面3 0 2 Tと流路形成部材3 7 0との間への液体L Q、あるいは液体L Qの飛沫の浸入を防止することで、流路形成部材3 7 0の側面3 7 0 Tや鏡筒P Kに錆びが生じたり、光学素子3 0 2 Fの例えば側面3 0 2 Tが溶解する等の不都合を防止できる。

また、第2シール部材3 4 0を設けたことにより、鏡筒P Kの内部空間を不活
25 性ガスで満たす構成であっても、その内部空間に対する外部の気体の浸入を防止することができる。

したがって、鏡筒P Kの内部空間の環境を維持することができる。また、基板W上の液浸領域AR 3 0 2の液体L Qが気化し、その気化して湿った気体が隙間G 3 0 1及び隙間G 3 0 2を介して鏡筒P K内部に浸入する可能性があり、その

場合、鏡筒 P K の内壁面に錆びを生じさせたり、鏡筒 P K 内部の光学素子 3 0 2 A ~ 3 0 2 E など溶解させる不都合が発生する可能性がある。ところが、第 1 シール部材 3 3 0 及び第 2 シール部材 3 4 0 によってその湿った気体の鏡筒 P K 内部への浸入を防止することができるので、上記不都合の発生を回避することができる。

なお、上述した実施形態においては、光学素子 3 0 2 F が鏡筒 P K より露出しており、流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T に光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T が対向している形態であるが、光学素子 3 0 2 の側面 3 0 2 T を鏡筒 P K の一部（先端部）、あるいは鏡筒 P K とは別の保持部材（レンズセル）で保持するようにしてもよい。この場合、前記鏡筒 P K の側面あるいはレンズセルの側面が流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T と対向することになる。その場合、第 1 シール部材 3 3 0 は、光学素子 3 0 2 F を保持するレンズセル（あるいは鏡筒）の側面と流路形成部材 3 7 0 との間への液体 L Q の浸入を阻止するように取り付けられる。

なお、上述した実施形態においては、液体 L Q を供給する液体供給口 3 1 3 A、3 1 3 B と、液体 L Q を回収する液体回収口 3 2 3 A、3 2 3 B とは、1 つの流路形成部材 3 7 0 の下面 3 7 0 S に形成されているが、例えば、第 1 実施例で説明した構成のように液体供給口 3 1 3 A、3 1 3 B を有する流路形成部材（供給部材）と、液体回収口 3 2 3 A、3 2 3 B を有する流路形成部材（回収部材）とが別々に設けられていてもよい。

なお、上述した実施形態においては、液体 L Q の液浸領域 A R 3 0 2 を基板 W 上に形成する場合について説明したが、上述したような、基板ステージ P S T 上に設けられた基準部材の上面に液体 L Q の液浸領域 A R 3 0 2 を形成する場合もある。そして、その上面上の液浸領域 A R 3 0 2 の液体 L Q を介して各種計測処理を行う場合がある。その場合においても、第 1 シール部材 3 3 0 によって隙間 G 3 0 1 への液体 L Q の浸入を防止するとともに、第 2 シール部材 3 4 0 によって隙間 G 3 0 2 における気体の流通を阻止することで、計測処理を良好に行うことができる。同様に、照度ムラセンサの上板の上面や、空間像計測センサの上板の上面等に液体 L Q の液浸領域 A R 3 0 2 を形成して計測処理を行う場合におい

でも、良好に計測処理を行うことができる。更には、Zチルトステージ352（基板ステージPST）上面に液浸領域AR302を形成する構成も考えられ、その場合においても、第1シール部材330によって隙間G301への液体LQの浸入を防止するとともに、第2シール部材340によって隙間G302における気体の流通を阻止することができる。

なお、上述した実施形態において、液体供給口313及び液体回収口323や、それらに接続される供給流路314及び回収流路324などに、スポンジ状部材や多孔質セラミックスなどからなる多孔質体を配置してもよい。

10 なお、第1シール部材（あるいは第2シール部材）として、図15に示すような、シート状部材335を用いるようにしてもよい。シート状部材335は平面視円環状（円錐状）に形成されており、シート状部材335のうち外縁部335Aが流路形成部材370の内側面370Tに取り付けられ、内縁部335Bが光学素子302Fの側面302Tに接触している。外縁部335Aは流路形成部材370Tの内側面370Tに対して例えば接着剤によって固定されている。

15 そして、シート状部材335の内縁部335Bは、隙間G301のうちシート状部材335の下側の空間G301aと上側の空間G301bとの圧力差によって、光学素子302Fの側面302Tに密着している。これにより、光学素子302Fの側面302Tと流路形成部材370との間への液体LQの浸入が阻止される。

20 ここで、シート状部材335としてガスの流通を規制するガスバリアシート（ガス遮蔽シート）を用いることにより、基板W上に形成された液浸領域AR302の液体LQに加えて、更にその液体LQから気化した湿った気体の隙間G301への浸入も防止することができる。

25 ガスバリアシートとしては、伸縮フィルム、接着剤層、金属膜、隔離フィルムの順に積層されて構成されたものを使用することができる。隔離フィルムは、ガスに対する遮蔽性（ガスバリア性）に極めて優れているとともに、脱ガスが極めて少ないという材料、例えば、この材料として、エチレン・ビニル・アルコール樹脂（EVOH樹脂）で形成されることが望ましい。このEVOH樹脂としては、例えば株式会社クラレの「商品名：エバール（EVAL）」を使用することができ

る。他の材料としては、カプトン（デュポン社製）、マイラー（デュポン社製）、ミクトロン（東レ製）、ベクスタ（クラレ製）、ルミラー（東レ製）等を使用することができる。

5 なお、シート状部材 3 3 5 の内縁部 3 3 5 B を光学素子 3 0 2 F の側面 3 0 2 T に固定し、外縁部 3 3 5 A を流路形成部材 3 7 0 の内側面 3 7 0 T に接触させるようにしてもよい。

10 ところで、上述したように、第 1 シール部材 3 3 0 及び第 2 シール部材 3 4 0 のそれぞれは撥液性を有していることが好ましい。一方、露光光 E L が照射されることにより、第 1 シール部材 3 3 0 及び第 2 シール部材 3 4 0 の撥液性は劣化する可能性がある。特に、第 1、第 2 シール部材 3 3 0、3 4 0 として例えばフッ素系樹脂を用い、露光光 E L として紫外光を用いた場合、そのシール部材 3 3 0、3 4 0 の撥液性は劣化しやすい（親液化しやすい）。したがって、露光光 E L の照射時間、又は積算照射量に応じて、第 1、第 2 シール部材 3 3 0、3 4 0 を交換することにより、所望の撥液性を有する第 1、第 2 シール部材 3 3 0、3 4 0 を設置することができる。

15 上述したように、第 1 実施例および第 2 実施例における液体 L Q は純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 W 上のフォトリソトや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 W の表面、及び投影光学系 P L の先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。なお工場等から供給される純水の純度が低い場合には、露光装置が超純水製造器を持つようにしてもよい。

25 そして、波長が 1 9 3 nm 程度の露光光 E L に対する純水（水）の屈折率 n はほぼ 1.44 とされており、露光光 E L の光源として Ar F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 nm）を用いた場合、基板 W 上では $1/n$ 、すなわち約 1 3 4 nm に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 n 倍、すなわち約 1.44 倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系 P L の開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数 NA が $0.9 \sim 1.3$ になることもある。このように投影光学系の開口数 NA が大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク（レチクル）のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク（レチクル）のパターンからは、 S 偏光成分（ TE 偏光成分）、すなわちラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系 PL と基板 W 表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系 PL と基板 W 表面に塗布されたレジストとの間が空気（気体）で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与する S 偏光成分（ TE 偏光成分）の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数 NA が 1.0 を越えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平 $6-188169$ 号公報に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法（特にダイボール照明法）等を適宜組み合わせると更に効果的である。

また、例えば ArF エキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系 PL を使って、微細なライン・アンド・スペースパターン（例えば $25 \sim 50\text{ nm}$ 程度のライン・アンド・スペース）を基板 W 上に露光するような場合、マスク M の構造（例えばパターンの微細度やクロムの厚み）によっては、Wave guide 効果によりマスク M が偏光板として作用し、コントラストを低下させる P 偏光成分（ TM 偏光成分）の回折光より S 偏光成分（ TE 偏光成分）の回折光が多くマスク M から射出されるようになるので、上述の直線偏光照明を用いることが望ましいが、ランダム偏光光でマスク M を照明しても、投影光学系 PL の開口数 NA が $0.9 \sim 1.3$ のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。また、マスク M 上の極微細なライン・アンド・スペースパターンを基板 W 上に露光するような場合、Wire Grid 効果により P 偏光成分（ TM 偏光成分）が S 偏光成分（ TE 偏光成分）よりも大きくなる可能性もあるが、例えば ArF エキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系 PL を使って、 2

5 nmより大きいライン・アンド・スペースパターンを基板W上に露光するような場合には、S偏光成分（TE偏光成分）の回折光がP偏光成分（TM偏光成分）の回折光よりも多くマスクMから射出されるので、投影光学系PLの開口数NAが0.9～1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

- 5 更に、マスク（レチクル）のラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明（S偏光照明）だけでなく、特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線（周）方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク（レチクル）のパターンが所定の一方方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、同じく特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。
- 10

- 本実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子に取り付けられており、このレンズにより投影光学系PLの光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整を行うことができる。なお、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板であってもよい。
- 15

- なお、本実施形態では、投影光学系PLと基板W表面との間は液体LQで満たされている構成であるが、例えば基板Wの表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体LQを満たす構成であってもよい。
- 20

- なお、本実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源がF₂レーザである場合、このF₂レーザ光は水を透過しないので、液体LQとしてはF₂レーザ光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。この場合、液体LQと接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理する。また、液体LQとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性があってできるだけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P基板W表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの
- 25

(例えばセダー油)を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体L Qの極性に応じて行われる。

なお本願発明においては、第1実施例に記載された構成と第2実施例に記載された構成を、適宜互いに置き換えたり組み合わせてもよいということが重要である。

なお、上記各実施形態の基板Wとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版(合成石英、シリコンウエハ)等が適用される。

また、上述の実施形態においては、投影光学系P Lと基板Wとの間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

露光装置E Xとしては、レチクルRと基板Wとを同期移動してレチクルRのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキヤニングステッパ)の他に、レチクルRと基板Wとを静止した状態でレチクルRのパターンを一括露光し、基板Wを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(ステッパ)にも適用することができる。また、本発明は基板W上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報などに開示されているように、ウエハ等の被処理基板を別々に載置してX Y方向に独立に移動可能な2つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

露光装置E Xの種類としては、基板Wに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD)あるいはレチクル又はマス

クなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

5 基板ステージW S TやレチクルステージR S Tにリニアモータ（USP5, 623, 853
または USP5, 528, 118 参照）を用いる場合は、それらのステージを定盤に対して浮
上させる方式としてエアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力また
はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらかを用いるのが好ましい。また、
各ステージW S T、R S Tは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイド
を設けないガイドレスタイプであってもよい。

10 各ステージW S T、R S Tの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石
ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力によ
り各ステージW S T、R S Tを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、
磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージW S T、R S Tに接
続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージW S T、R S Tの移動
面側に設ければよい。

15 基板ステージW S Tの移動により発生する反力は、投影光学系P Lに伝わらな
いように、特開平8－166475号公報（USP5, 528, 118）に記載されているよ
うに、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。レチクルス
テージR S Tの移動により発生する反力は、投影光学系P Lに伝わらないように、
特開平8－330224号公報（US S/N 08/416, 558）に記載されているように、
フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

20 本実施形態の露光装置E Xは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を
含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つよ
うに、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組
み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各
種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電
25 気的精度を達成するための調整が行われる。

各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、
機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種
サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み
立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立

て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は、温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

5 半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図16に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたレチクル（マスク）を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりレチクルのパターンを基板に露光する基板処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

10 なお、露光装置EXが使われる図10中のステップ204においては、露光装置EXとインライン接続されるコータデベロッパ（C/D）装置も使われる。通常の半導体製造ラインにおいては、C/D装置のコータ部でレジストを塗布されたウエハがロボットアームやスライダアームによって、コータ部から露光装置EX内のプリアライメント部に自動搬送されてくる。露光装置EX内のプリア
15 ライメント部はウエハのノッチやオリフラの回転方向を所定方向に揃えた後、そのウエハをステージWST上に搬送する。この未露光ウエハの搬送動作の直前に、ステージWST上の露光済みウエハはアンロードアーム等によってステージWSTから搬出されて、C/D装置のデベロッパ部まで自動搬送される。この際、液
20 浸領域AR2は保水していた液体の回収により大気解放状態になるが、露光済みウエハの表面や裏面には水滴等が残存していることがある。そこで、少なくともステージWSTからC/D装置（デベロッパ部）へ露光済みウエハを搬送するロボットアームやスライダアーム等には、防滴、又は防水処理を施しておくのが
25 良い。特に、ウエハの裏面を保持するためにアーム上に形成された真空吸着部には、ウエハ裏面に付着した水滴や水分が浸入しても問題無いように、液体トラップ部（液体のみを溜め込む小さな窪み部やスポンジ等）を併設した真空排気路にしておくのが望ましい。

産業上の利用の可能性

液体に接する光学部材の振動が光学群に伝わることを防止できるので、パターン像の劣化を防止し、高いパターン精度を有するデバイスを製造することができる。

- 5 また本発明によれば、投影光学系の像面側への液体や気体の浸入を防止しつつ露光処理及び計測処理を高精度で行うことができるので、基板を良好に露光できる。

請求の範囲

1. 液体に接する光学部材及び該光学部材とパターンとの間に配置される光学群を含む投影光学系を備え、前記投影光学系と前記液体とを介して基板上に前記パターンの像を投影することによって前記基板を露光する露光装置において、
- 5 前記光学部材と前記光学群とを保持する保持機構を備え、
前記保持機構は、前記光学部材を前記光学群に対して可動に保持することを特徴とする露光装置。
2. 前記保持機構は、前記液体と接する光学部材を保持する第1保持部材と、
- 10 前記光学群を保持する第2保持部材と、
前記第1保持部材を前記第2保持部材に対して軟らかく接続する接続機構とを有することを特徴とする請求項1記載の露光装置。
3. 前記接続機構は、前記第1保持部材と前記第2保持部材とを振動的に分離する
- 15 ことを特徴とする請求項2記載の露光装置。
4. 前記接続機構は、前記第1保持部材の振動を前記第2保持部材に伝達されないように吸収することを特徴とする請求項3記載の露光装置。
- 20 5. 前記第1保持部材は、前記液体と接する光学部材として所定の光軸を有するレンズ素子を保持し、前記第2保持部材に対して前記光軸方向又は前記光軸と直交する軸まわり方向に移動可能に接続されていることを特徴とする請求項4に記載の露光装置。
- 25 6. 前記第1保持部材は、前記第2保持部材に対して傾斜可能に接続されていることを特徴とする請求項5に記載の露光装置。
7. 前記第1保持部材は、前記第2保持部材に対してキネマティック支持されていることを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

8. 前記接続機構は弾性部材を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

5 9. 前記第 1 保持部材の荷重の前記接続機構への作用を低減するための荷重低減機構を備えたことを特徴とする請求項 8 に記載の露光装置。

10 10. 前記荷重低減機構は、前記第 1 保持部材の荷重を非接触で前記第 2 保持部に支持させることを特徴とする請求項 9 に記載の露光装置。

10 11. 前記基板上に投影されるパターンの像を調整する像調整機構を備えたことを特徴とする請求項 10 に記載の露光装置。

15 12. 前記像調整機構は、前記光学群に対する前記光学部材の変動に伴って発生し得る投影パターンの像質変化を補償することを特徴とする請求項 11 に記載の露光装置。

13. 前記光学群と前記光学部材との位置関係を検出する第 1 検出器を備え、
前記像調整機構は、前記第 1 検出器の検出結果に基づいて像調整を行うことを
特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

20

14. 前記像調整機構は、前記光学部材と前記基板の露光面との位置関係の変動を補償することを特徴とする請求項 13 に記載の露光装置。

25 15. 前記光学部材と前記基板の露光面との位置関係を検出する第 2 検出器を備え、

前記像調整機構は、前記第 2 検出器の検出結果に基づいて像調整を行うことを特徴とする請求項 14 に記載の露光装置。

16. 請求項 1 ～請求項 15 のいずれか一項に記載の露光装置を用いることを特

徴とするデバイス製造方法。

17. 投影光学系の像面側に液体の液浸領域を形成し、前記投影光学系と前記液体とを介してパターンを基板に露光する露光装置において、

- 5 前記投影光学系を構成する複数の光学部材のうち前記液体に接する光学部材の側面又は該光学部材を保持する保持部材の側面を囲むように設けられ、液体供給口及び液体回収口のうち少なくともいずれか一方を有する環状部材と、

前記光学部材又は前記保持部材の側面と前記環状部材との間への液体の浸入を阻止する第1シール部材とを備えたことを特徴とする露光装置。

10

18. 前記第1シール部材は可撓性を有することを特徴とする請求項17記載の露光装置。

19. 前記第1シール部材は、環状に形成され、前記側面及び前記環状部材のい
15 ずれか一方に取り付けられる本体部と、前記本体部にヒンジ部を介して接続され、他方に接触する接触部とを有することを特徴とする請求項18に記載の露光装置。

20. 前記第1シール部材のうち少なくとも前記接触部は可撓性を有することを特徴とする請求項19に記載の露光装置。

20

21. 前記第1シール部材はシート状部材を含むことを特徴とする請求項18に記載の露光装置。

22. 前記第1シール部材は撥液性であることを特徴とする請求項21に記載の
25 露光装置。

23. 前記側面と、前記環状部材のうち前記側面と対向する内側面とのそれぞれは撥液性であることを特徴とする請求項22に記載の露光装置。

2 4. 前記光学部材と前記保持部材との間の気体の流通を阻止する第 2 シール部材を備えたことを特徴とする請求項 2 3 に記載の露光装置。

2 5. 投影光学系の像面側に液体の液浸領域を形成し、前記投影光学系と前記液体とを介してパターンを基板に露光する露光装置において、

前記投影光学系を構成する複数の光学部材のうち前記液体に接する光学部材を保持する保持部材と、

前記光学部材と前記保持部材との間の気体の流通を阻止するシール部材とを備えたことを特徴とする露光装置。

10

2 6. 前記保持部材は前記光学部材及び前記複数の光学部材を保持し、

前記シール部材は、前記複数の光学部材を保持した前記保持部材の内部空間と外部との間の気体の流通を阻止することを特徴とする請求項 2 5 に記載の露光装置。

15

2 7. 前記保持部材は前記光学部材をキネマティック支持する支持部を有し、

前記シール部材は、前記支持部近傍に設けられていることを特徴とする請求項 2 6 に記載の露光装置。

20

2 8. 前記シール部材は、前記光学部材及び前記保持部材のいずれか一方に取り付けられる本体部と、前記本体部にヒンジ部を介して接続され、他方に接触する接触部とを有することを特徴とする請求項 2 7 に記載の露光装置。

2 9. 前記シール部材は交換可能であることを特徴とする請求項 2 8 に記載の露光装置。

25

3 0. 露光光の照射時間に応じて前記シール部材が交換されることを特徴とする請求項 2 9 に記載の露光装置。

31. 請求項30に記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

FIG. 1

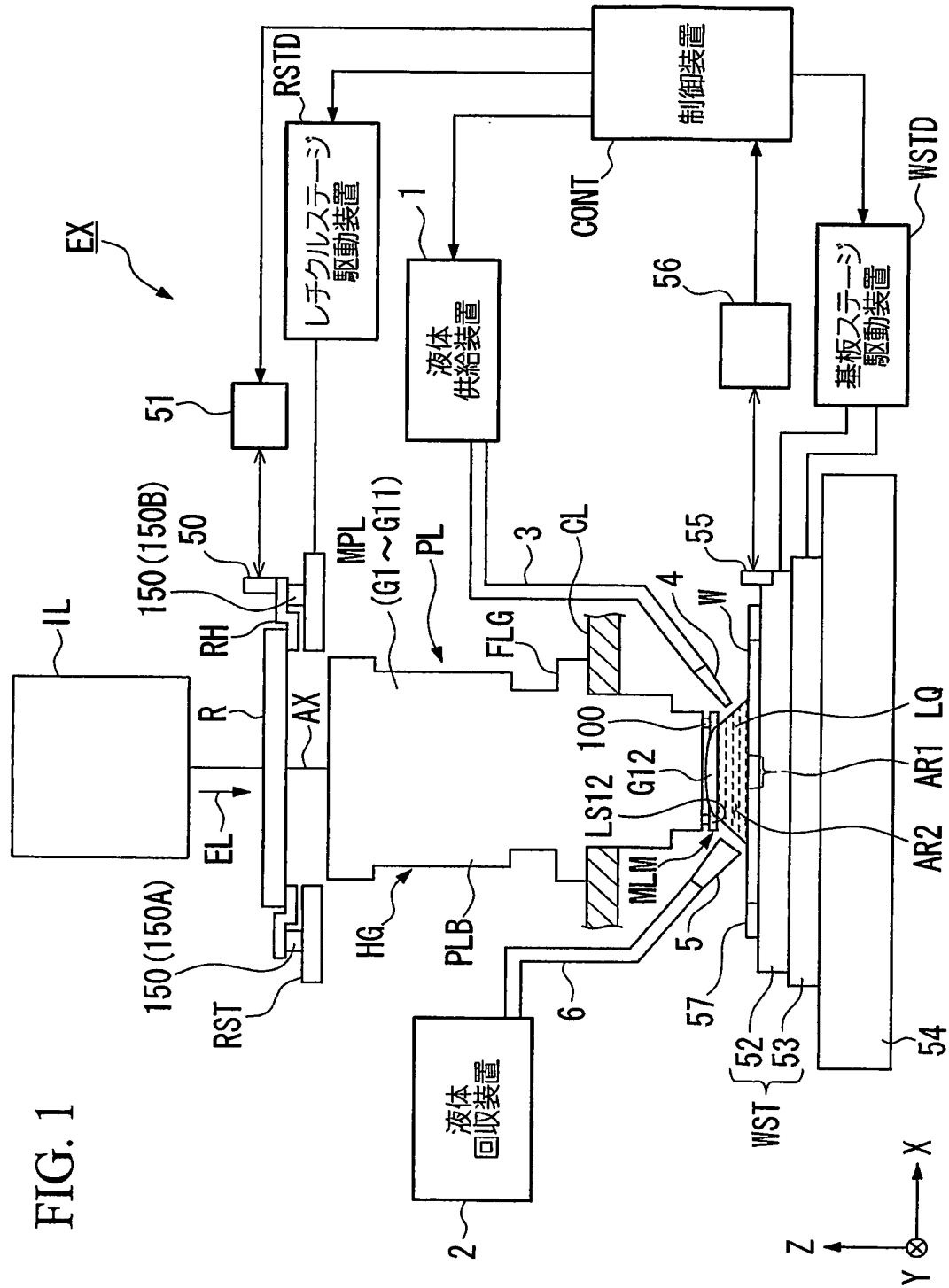


FIG. 2

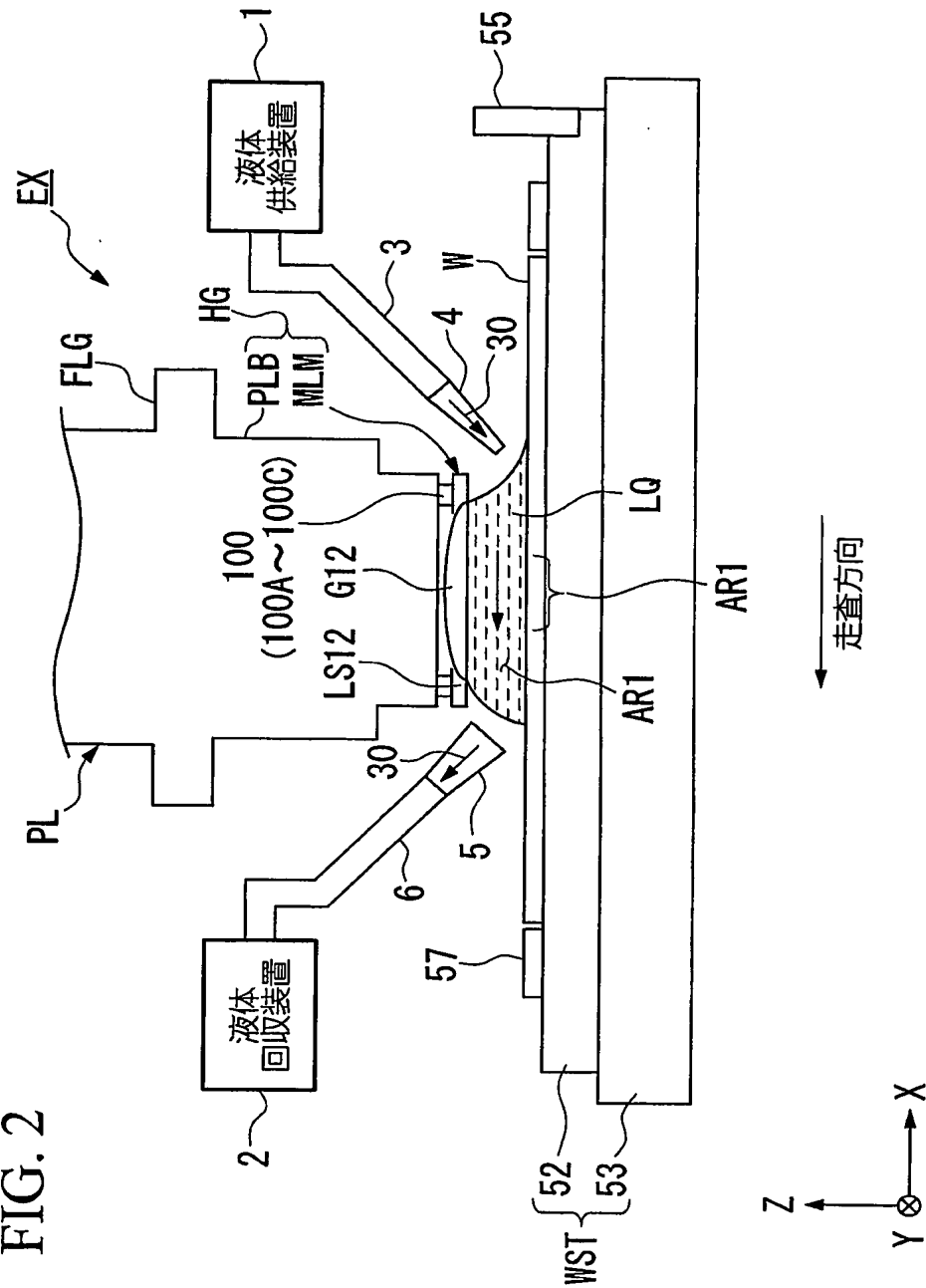


FIG. 3

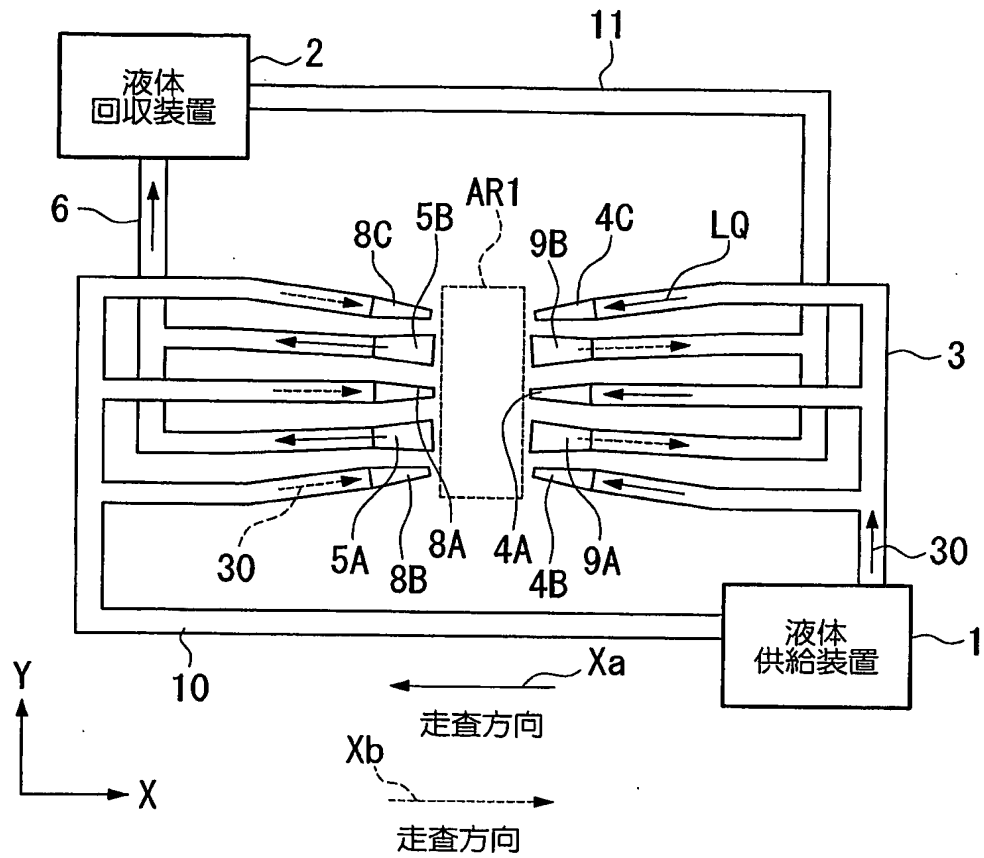


FIG. 4

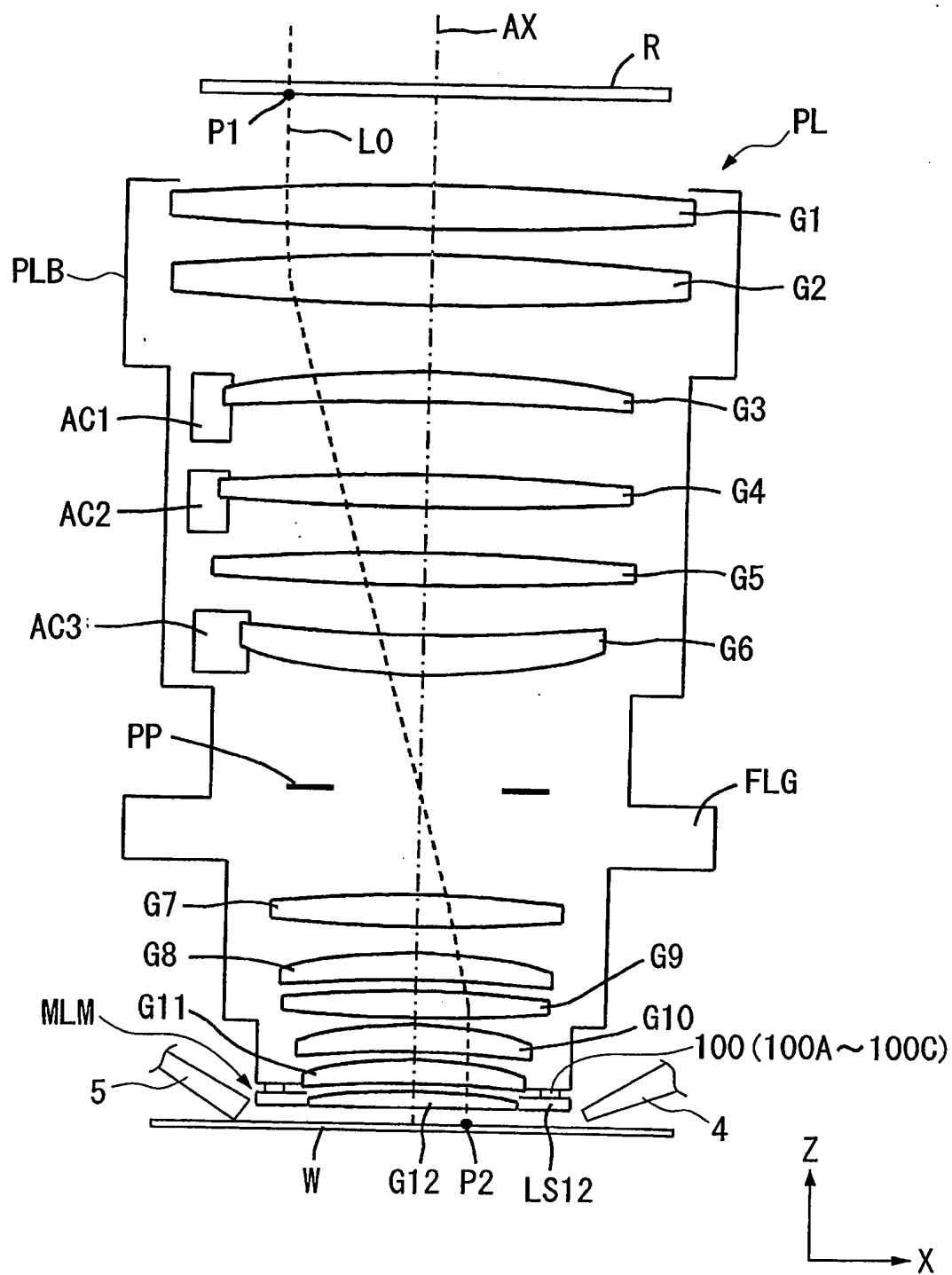


FIG. 5

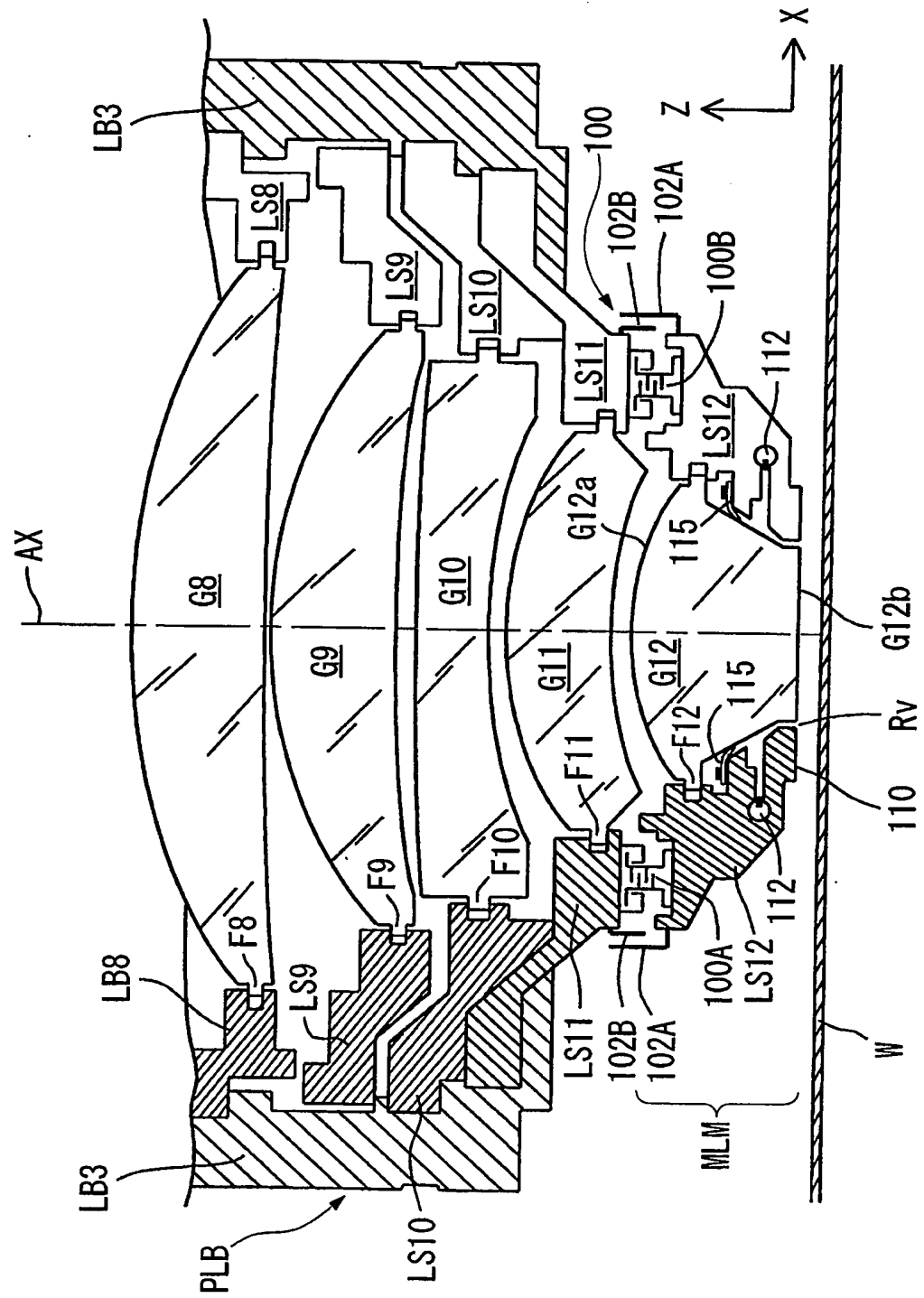


FIG. 6

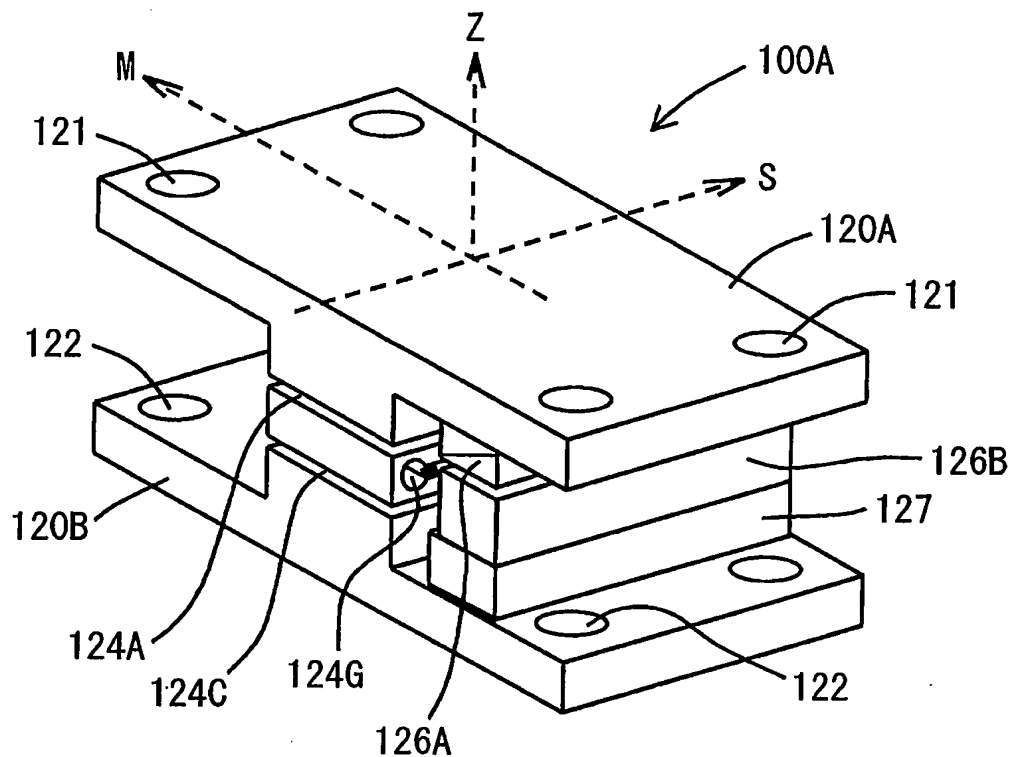


FIG. 7

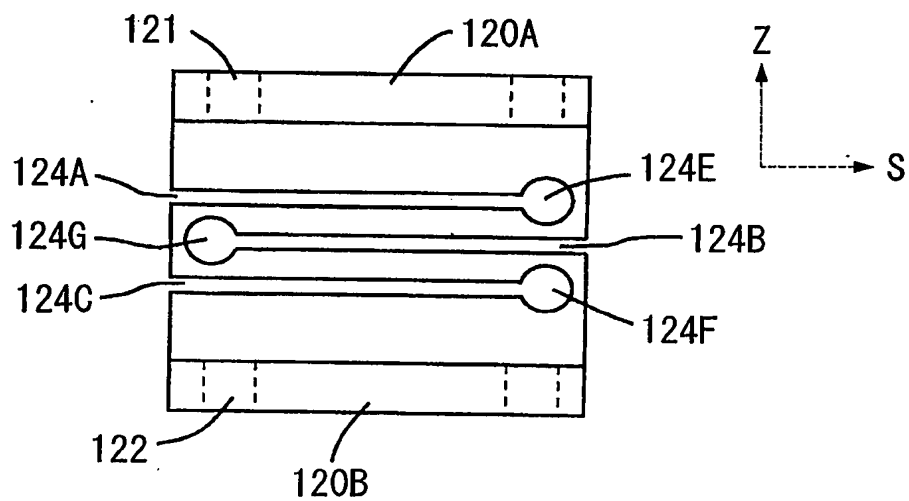


FIG. 8

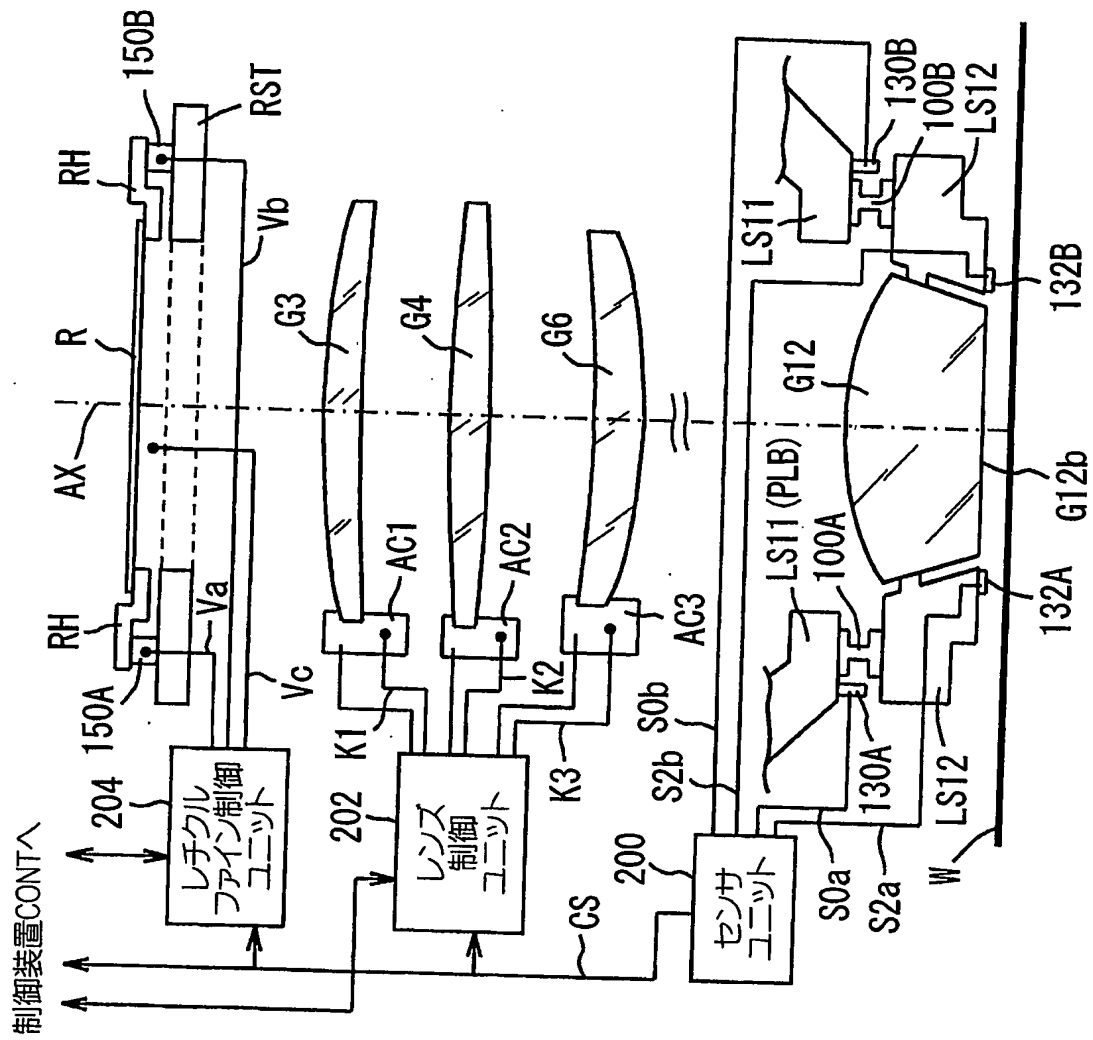


FIG. 9

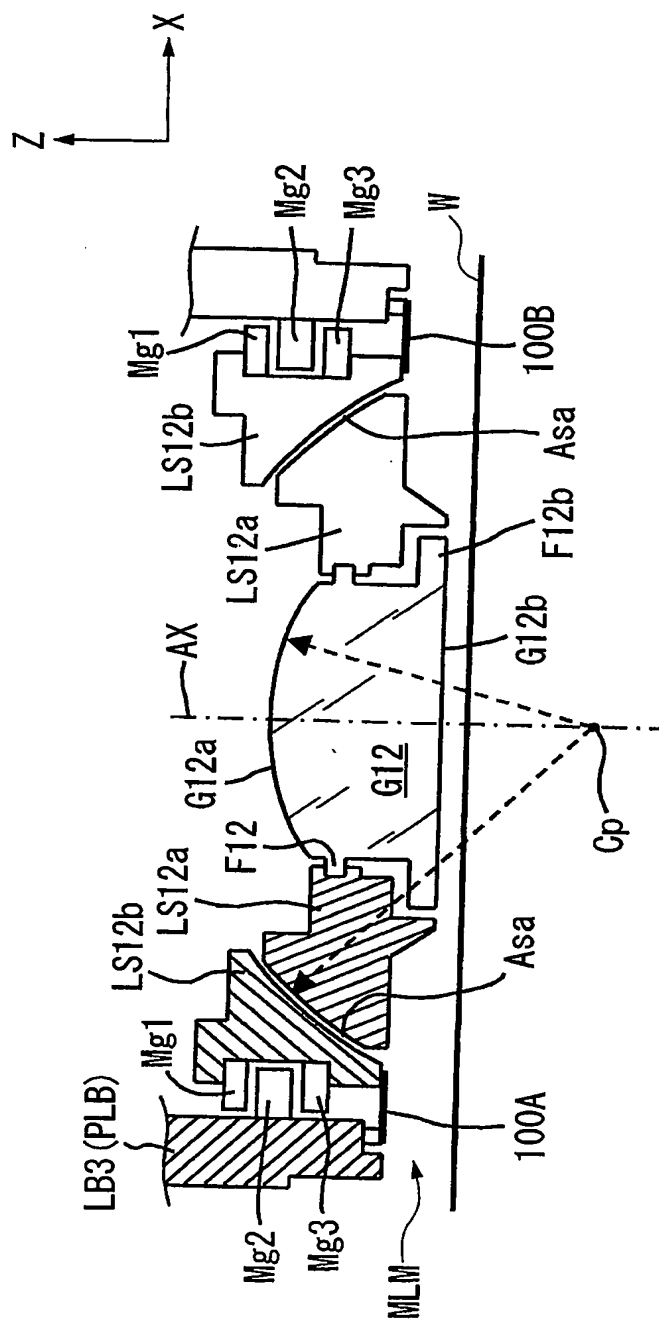
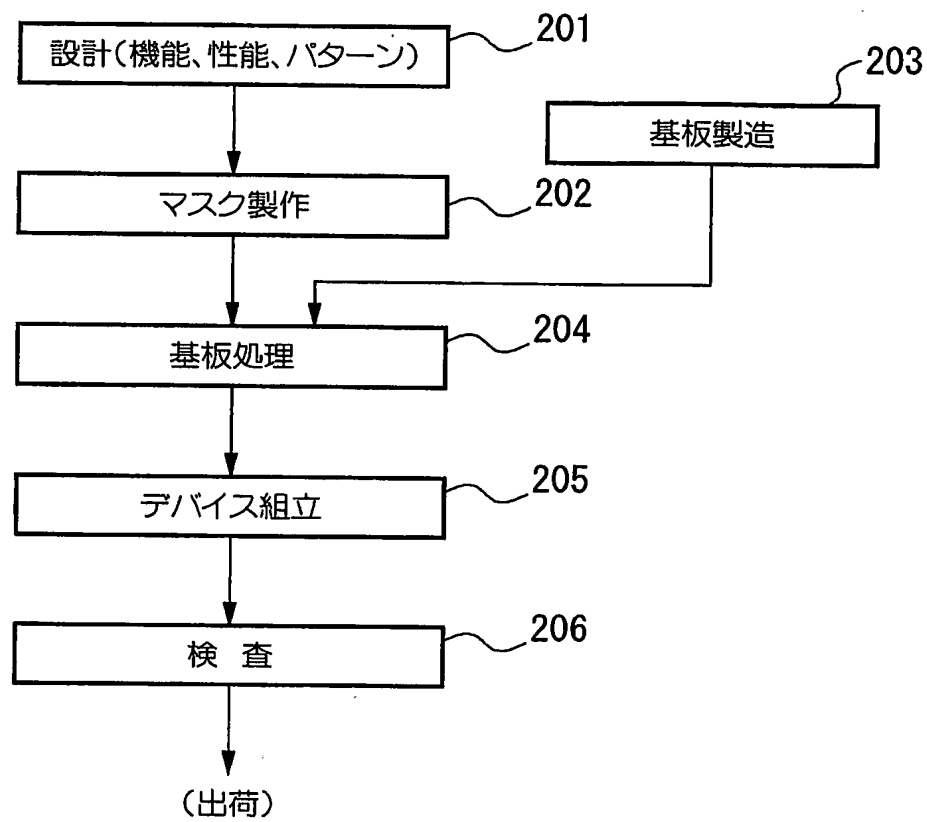


FIG. 16



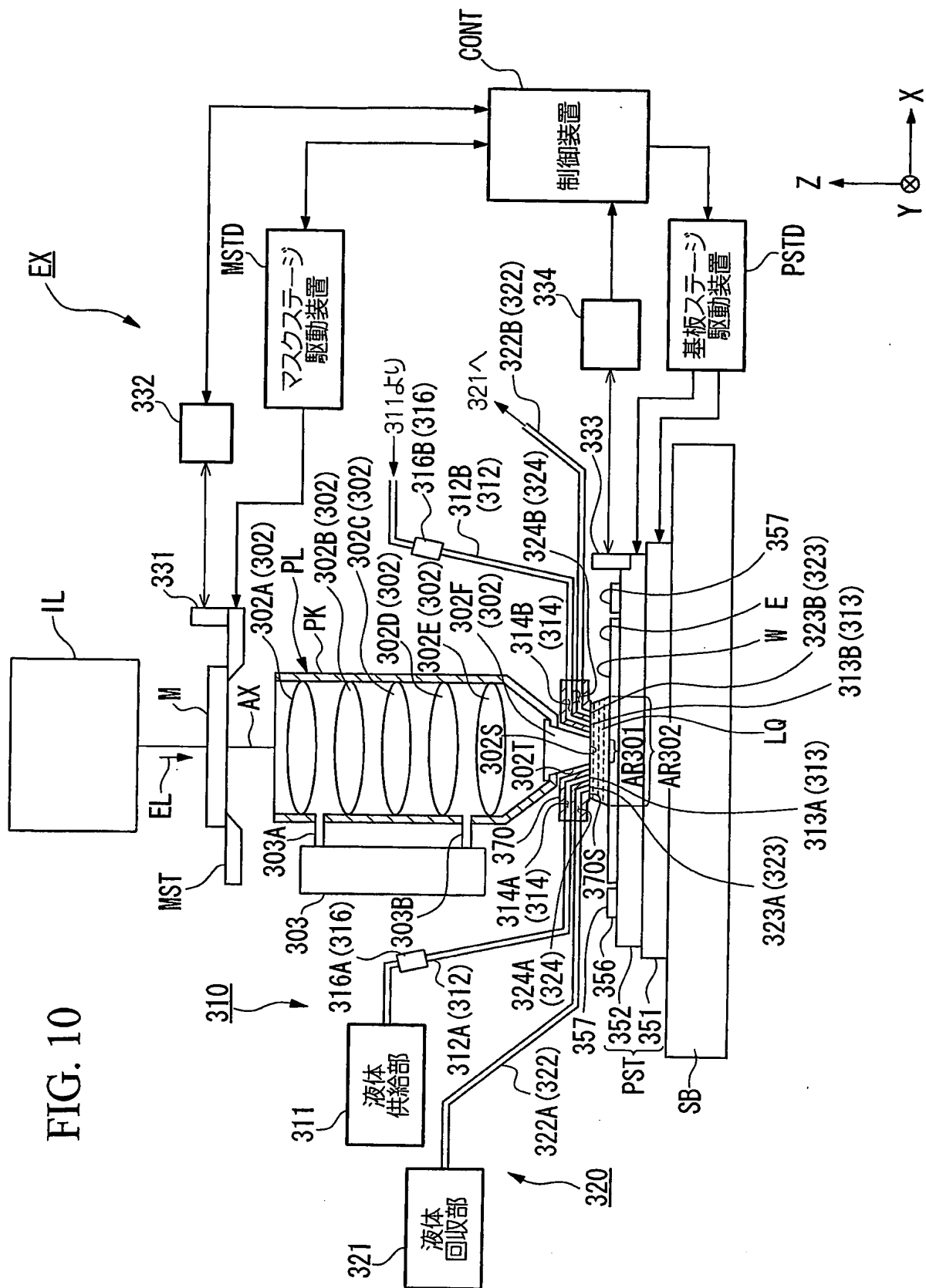


FIG. 11

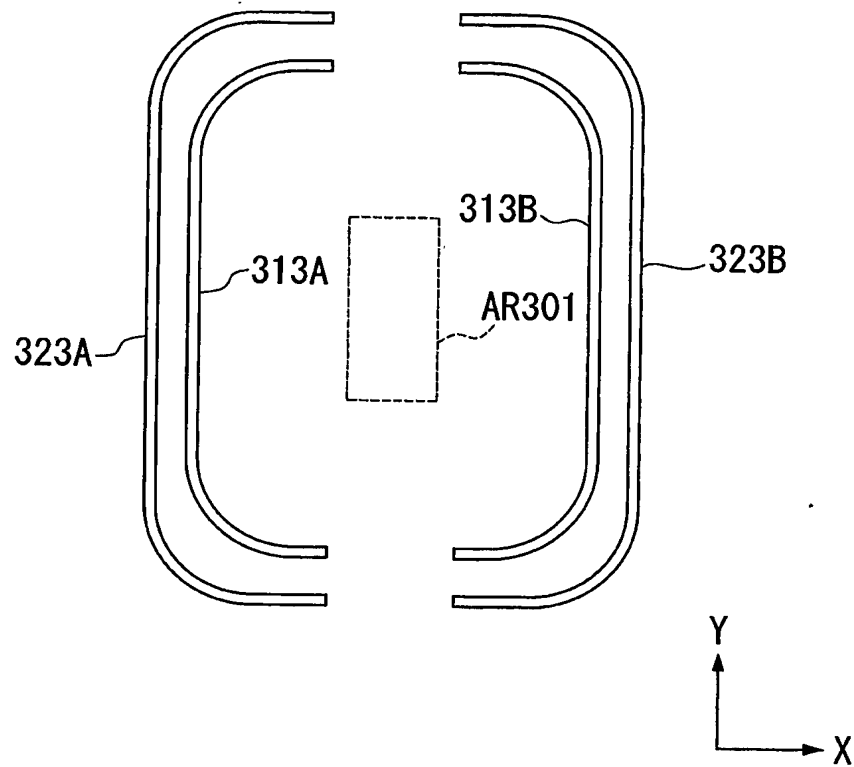


FIG. 13

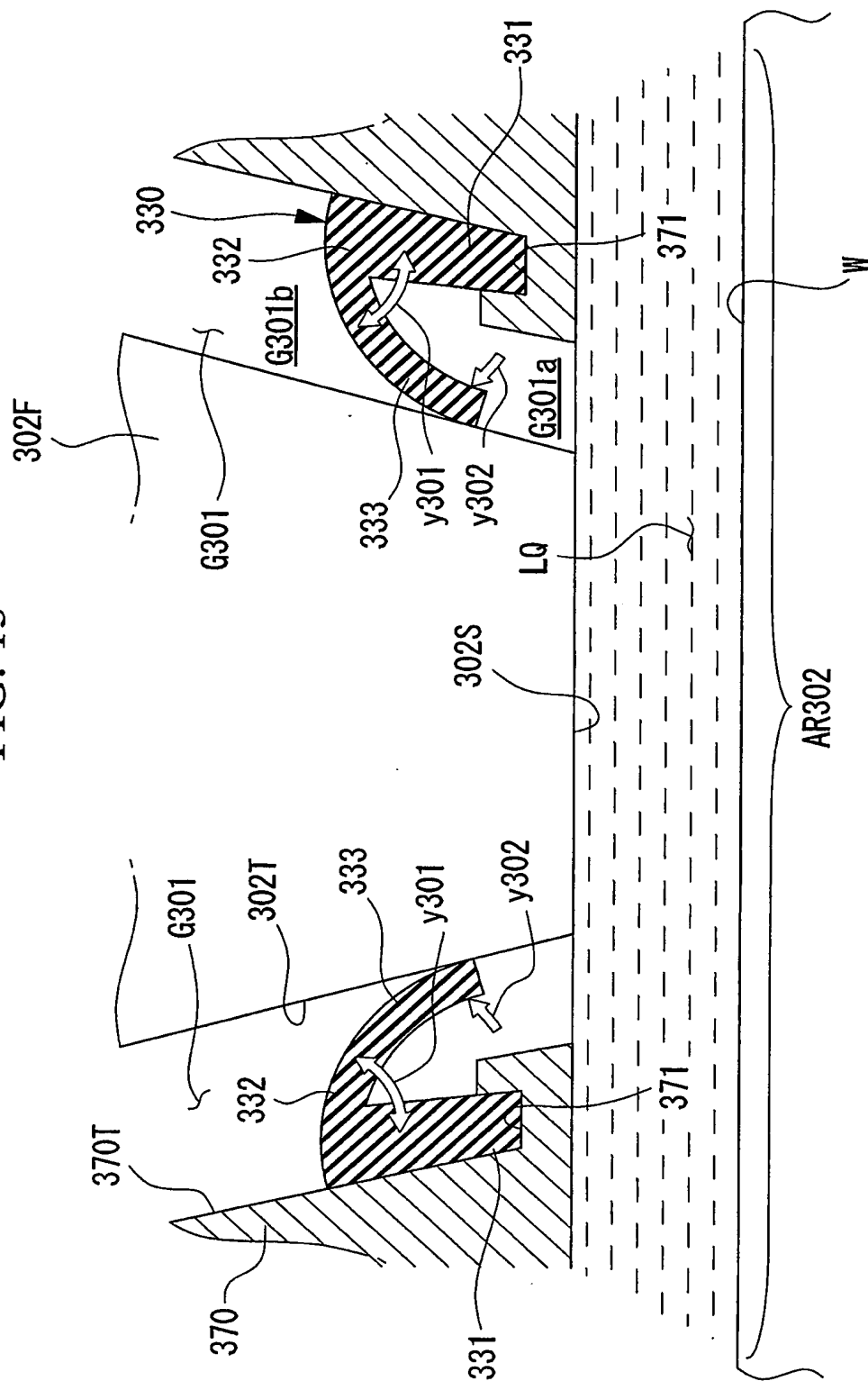
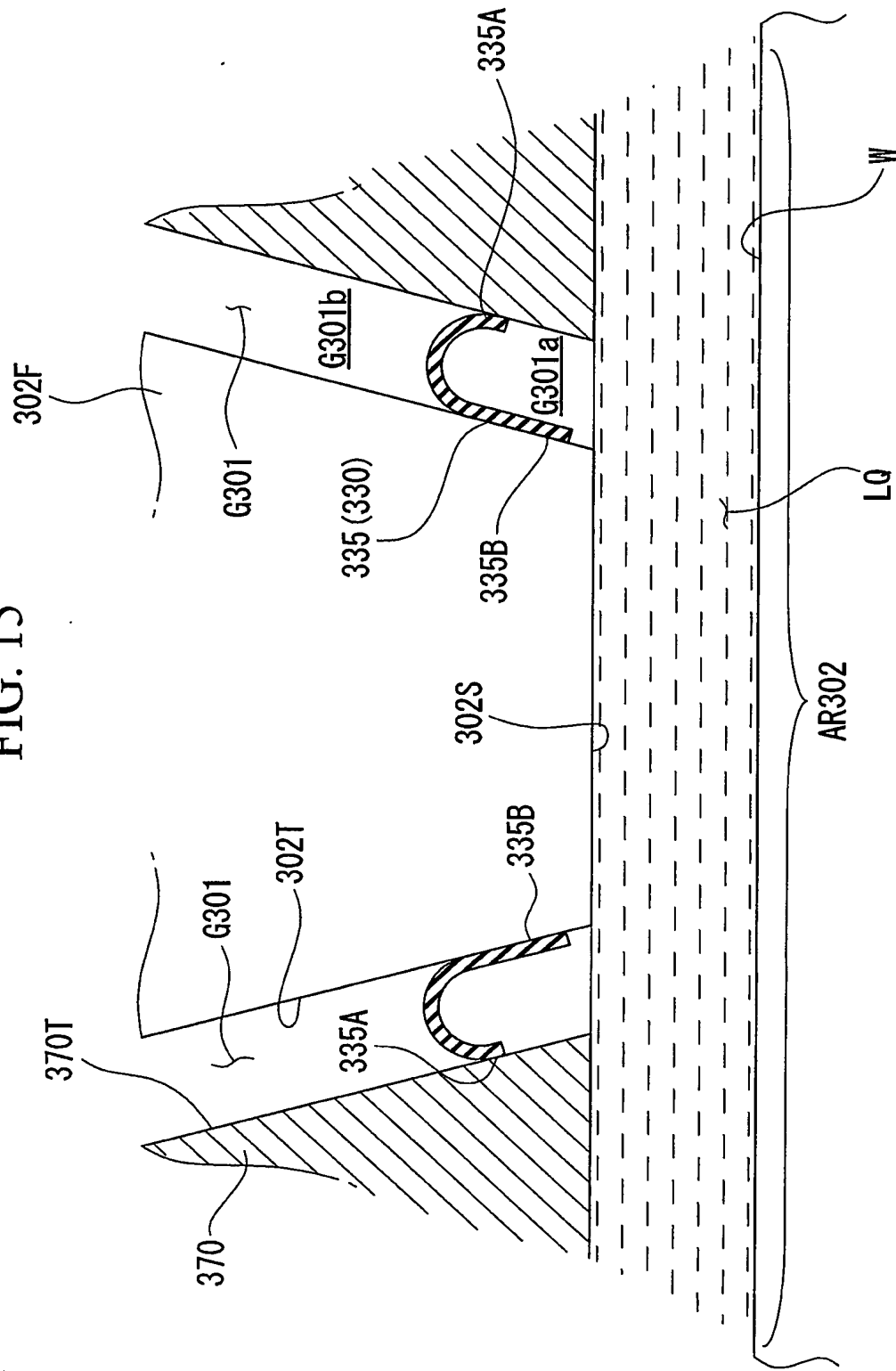


FIG. 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009995

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B7/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B7/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 06-168866 A (Canon Inc.), 14 June, 1994 (14.06.94), Full text; particularly, Par. Nos. [0021] to [0022] & EP 605103 B1 & US 5610683 A	1, 16, 17 18-31 2-15
Y	JP 2000-100909 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 07 April, 2000 (07.04.00), Full text; particularly, Par. Nos. [0005], [0035] (Family: none)	18-24, 28-31

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 October, 2004 (08.10.04)Date of mailing of the international search report
26 October, 2004 (26.10.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009995

C.(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-307982 A (Canon Inc.), 02 November, 2001 (02.11.01), Full text (Family: none)	24-31
A	JP 06-124873 A (Canon Inc.), 06 May, 1994 (06.05.94), Full text; particularly, Par. No. [0015] (Family: none)	24-31
A	W0 1999/049504 A1 (Nikon Corp.), 30 September, 1999 (30.09.99), Full text & AU 9927479 A	1-31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009995

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-16 relate to an immersion exposure apparatus which is characterized by its projection optical system.

The inventions of claims 17-31 relate to an immersion exposure apparatus which is characterized by its sealing member.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B7/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B7/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 06-168866 A (キャノン株式会社), 1994. 06. 14 全文 (特に[0021]-[0022]), & EP 605103 B1 & US 5610683 A	1, 16, 17
Y		18-31
A		2-15
Y	JP 2000-100909 A (大日本スクリーン製造株式会社), 2000. 04. 07 全文 (特に[0005], [0035]), (ファミリーなし)	18-24, 28-31

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 10. 2004

国際調査報告の発送日

26.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 秀樹

2 M

3 1 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 6480

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-307982 A (キャノン株式会社), 2001. 11. 02 全文, (ファミリーなし)	24-31
A	JP 06-124873 A (キャノン株式会社), 1994. 05. 06 全文 (特に[0015]), (ファミリーなし)	24-31
A	WO 1999/049504 A1 (株式会社ニコン), 1999. 09. 30 全文, & AU 9927479 A	1-31

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲 1 - 16 に係る発明は、投影光学系の構造に特徴のある液浸露光装置に関わるものである。

請求の範囲 17 - 31 に係る発明は、シール部材に特徴のある液浸露光装置に関わるものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。